



XXXVIII Congreso de la SMCS, AC
'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

MEMORIAS EN EXTENSO

Volumen III

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



'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**

Volumen III

Simposium Bioquímica de Suelos

Simposium Manejo y Producción Orgánica

Simposium Ciclo del Carbono

Simposium Microbiología y Biotecnología de Suelos

INDICE

Simposium <i>Bioquímica de Suelos</i>	10
RELACIÓN ENTRE HUMEDAD, ACTIVIDAD ENZIMÁTICA Y SUSTANCIAS HÚMICAS EN UN ANTROSOL TERRICO SALINO.....	11
Galicia Palacios, M. del S.1* ; Reyes Ortigoza, A. L.1.....	11
MUCÍLAGO DE NOPAL (<i>Opuntia</i> spp.) EN PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSO Y ARENOSO.....	18
García Favela, B.1* ; Quintero Lizaola, R.2; Ojeda Trejo, E.2; Trinidad Santos, A.2; Alarcón, A.2; Espinosa Victoria, D.2; González Estrada, E.3.....	18
MICROBIOLOGÍA, ACTIVIDADES ENZIMÁTICAS Y SUBSTANCIAS HÚMICAS EN LA BIOTRANSFORMACIÓN DE RESÍDUOS.....	25
Quintero Lizaola, R.1*.....	25
DOSIS DE MUCÍLAGO DE NOPAL (<i>Opuntia</i> spp.) EN LA EVALUACIÓN MICROESTRUCTURAL DEL SUELO.....	34
García Favela, B.1* ; Quintero Lizaola, R.2; Ojeda Trejo, E.3; Trinidad Santos, A.4; Alarcón, A.5; Espinosa Victoria, D.6; González Estrada, E.7.....	34
USO DE SUELO, SUSTANCIAS HUMICAS, SALINIDAD Y METALES EN EL SITIO RAMSAR 1363 XOCHIMILCO MEXICO.....	41
Reyes Ortigoza, A. L.1*; Martínez Plascencia, J. M.1; Galicia Palacios, M. S.1.....	41
EFFECTO DEL ACIDO FULVICO EN EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MELON EN UN BIOESPACIO.....	47
Potisek Talavera M.C.1; González Cervantes G.1; Velásquez Valle M.A. 1; Macías Rodríguez H1; González Barrios J.L.1.....	47
MUCÍLAGO DE NOPAL (<i>Opuntia</i> spp.) EN SUELO ARCILLOSO Y ARENOSO CON TRIGO (<i>Triticum aestivum</i> L.).....	53
García Favela, B.1* ; Quintero Lizaola, R.2; Ojeda Trejo, E.3; Trinidad Santos, A.4; Alarcón, A.5; Espinosa Victoria, D.6; González Estrada, E.7.....	53
Simposium <i>Manejo y Producción Orgánica</i>	59
FERTILIZACIÓN ORGÁNICA PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTA DE <i>Agave cupreata</i>	60
Acosta Arreola, M. F.1; González González, A.1; Cárdenas Navarro, R.1; Quiñones Aguilar, E. E.2; Rincón Enríquez, G.2; Fernández Pérez, A.3; López Pérez, L.1*.....	60
PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA DE PEPINO Y CALABACITA EN SUSTRATO COMPLEMENTADO CON GALLINAZA Y BIOSÓLIDO.....	65
Carballo Méndez, F. J.1; Rodríguez Ortiz, J. C.2*; Alcalá Jáuregui, J. A.2; Ruíz Espinoza, F. H.3; Rodríguez Fuentes, H.4, y Díaz Flores, P. E.2.....	65

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE COMPOSTA A BASE DE RESIDUOS DEL CULTIVO DE CHAMPIÑÓN EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE (<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO	70
Castelo Gutiérrez, A. ^{1*} ; Gutiérrez Coronado, M. ¹ ; Arellano Gil, M. ¹ ; Castro Espinoza, L. ¹ ; Lares Villa, F. ¹ ; Figueroa López, P. ²	70
PRODUCCIÓN DE SUSTRATOS ORGÁNICOS PARA ORNAMENTALES.....	76
Cruz Campos, J.M. ^{1*} ; Álvarez Suárez, J.M. ² ; Soria Fregoso, M. de J. ³ ; Candelario Martínez, B. ⁴	76
SUSTRATOS ORGANICOS EN LA PRODUCCIÓN DE PEPINO	80
Díaz Méndez, H.A. ^{1*} ; Álvarez Reyna, V. de P. ¹ ; Preciado Rangel, P. ² ; Fortis Hernández, M. ² ; Sánchez Chávez, E. ³	80
PRODUCCIÓN DE ALGODÓN CON FERTILIZACION ORGANICA.....	83
López Martínez, J. D. ^{1*} ; Navarro Morones, M. ² ; Trejo Escareño, H. I. ¹ ; García Hernández, J. L. ¹ ; Vázquez Vázquez, C. ¹	83
CARACTERIZACIÓN AGRONOMICA Y RENDIMIENTO DE GRANO DE TRES GENOTIPOS DE FRIJOL ORGANICO PARA LA COMARCA LAGUNERA	88
Luna Ortega J.G. ^{1*} ; García Hernández J.L. ¹ Guerrero Guerrero, C. ² ; Ruedas Alba C.D. ¹ ; González Zamora, A. ¹ ; Ramírez Ibarra J.A. ¹ ; Troyo Diéguez, E. ³	88
CONTRASTE DE PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE UN SUELO CON MANEJO ORGÁNICO vs MANEJO CONVENCIONAL.....	92
Mercado Mancera, G. ^{1*} ; Echeverría Velázquez, Y.U. ² ; Chávez Peralta, S. ² ; Adrián Serrano, P. ² ; Herrera Ruiz, H. ² ; Valencia Islas, C.E. ¹	92
LA COMPOSTA ES UN SERVICIO AMBIENTAL DE LA INFRAESTRUCTURA HOTELERA EN LOS CABOS, BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO.....	98
Oliver Guadarrama, R. ^{1*} ; Díaz Trujillo, O. ² ; Alvarado García, C.E. ² ; Bahena Galindo, M.A. ¹	98
FERTILIZACIÓN QUÍMICA vs ORGÁNICA EN EL CRECIMIENTO DE MAÍZ EN SUELOS DE LADERA.....	102
Cortez Coria, A. R. ¹ ; Quiñones Aguilar, E. E. ² ; Rincón Enríquez, G. ² ; López Pérez, L. ^{1*}	102
PLAN DE PRODUCCIÓN ORGÁNICO Y CONVENCIONAL DE TOMATE (<i>Physalis ixocarpa</i>) EN TIANGUISMANALCO PUEBLA	107
Cruz Hernández, J. ^{1*} ; Báez Cruz, C. G. ¹ ; Rojano Hernández, R. ² ; Melchor Rodríguez, E. ²	107
EFFECTO DEL ESTIÉRCOL DE BOVINO SOLARIZADO CON Y SIN MICORRIZA (<i>Glomus intraradices</i>) EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO	112
Estrada Loera, R. M. ^{1*} ; Salazar Sosa, E. ¹ ; García Hernández, J. L. ¹ ; Fortis Hernández, M. ² ; Segura Echeverría ¹ , O. A.; Ríos Plaza, J. L. ¹	112
CARACTERIZACIÓN DE SUSTRATOS ORGÁNICOS DE ORIGEN BOVINO PARA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS.....	117
Galindo Pardo, F. V.; Fortis Hernández, M.; García Villela, K. M.; Flores Sánchez, B.; Preciado Rangel, P.; Sánchez Tapia, C.; Segura Castruita, M. A.; Orozco Vidal, J. A.	117

CRECIMIENTO DE PLANTULAS DE TOMATE (<i>Lycopersicon esculentum</i> ; Mill) CON APLICACIONES DE VERMICOMPOST SOLIDA Y LIQUIDA	123
Gallegos Ponce, A. ^{1*} ; Hernández Osornio, P. ² ; Martínez Ríos, A. ¹ ; Quevedo Guillen, J. de D. ¹ ; Puentes Gutiérrez, J. ¹ ; Maraña Santacruz, J.Á.....	123
ÁCIDO HÚMICO Y FÚLVICO EN EL CULTIVO DE MELÓN EN CONDICIONES DE AGRICULTURA PROTEGIDA	129
Gómez de la Cruz, S. ^{1*} ; Zermeño González, H. ² ; Potiseck Talavera, M. del C. ³ ; González Cervantes, G. ³ ; Chatú Toalá, C. P. ⁴	129
USO DE MICORRIZAS Y ESTIERCOL BOVINO SOLARIZADO EN LA PRODUCCION DE MAIZ FORAJERO	133
Luna Anguiano, J.1; Ceniceros García, A. K.2; Salazar Sosa, E.3; Salazar Meléndez, E.1; Novella Cepeda, N.A.2	133
PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE TRES LEGUMINOSAS ORGÁNICAS, FRIJOL YORIMÓN, DOLICHUS NEGRO Y DOLICHUS CAFÉ, EN LA COMARCA LAGUNERA.....	138
Luna Ortega, J.G. ^{1*} ; García Hernández, J.L. ¹ ; Guerrero Guerrero, C2; Ríos Plaza J.L.1; Preciado Rangel, P.4, González Torres, A.4, Troyo Diéguez, E. ³	138
PRODUCCION DE MELON EN SUSTRATOS ORGANICOS	142
Martínez Morrellano, E.1; Preciado Rangel, P.2*; Fortis Hernández, M.2; Segura Castruita, M. A.2; Orozco Vidal, J. A.2; Sánchez Hernández, D. J.2	142
PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE TOMATE (<i>Lycopersicum sculentum L.</i>) CON SUSTRATOS DE ESTIÉRCOL BOVINO BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS	146
González Betancourt, M. L.1; Fortis Hernández M.1; Preciado Rangel P.1; Segura Castruita M. A.1; Orozco Vidal J. A1; Pérez Vélazquez A.1; Urbina Martínez M. A.2; Esparza Rivera J. R.3	146
APLICACIÓN DE COMPOSTAS CON ALTA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, SU INCORPORACIÓN AL SUELO Y EFECTO EN PLÁNTULAS DE ALBAHACA (<i>OCIMUM BASILICUM L.</i>).....	152
Gutiérrez Galicia, L. A.1; Nieto Garibay, A.2*; Murillo Amador, B.2; López Aguilar, R. D.2; Troyo Diéguez, E.2.	152
EFFECTO DE DOSIS DE ESTIÉRCOL BOVINO SOLARIZADO Y DENSIDADES DE PLANTA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FIBRA DEL ALGODONERO, COMARCA LAGUNERA, MÉXICO.....	158
Navarro Morones, M. ^{1*} ; López Martínez, J. D. ² ; Salazar Sosa, E. ² ; Vazquez Vazquez, C. ²	158
CONTENIDO FENÓLICO Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN FRUTOS DE MELÓN PRODUCIDO ORGÁNICAMENTE	162
Preciado Rangel, P. ¹ ; Sánchez Hernández, D. J.1; Fortis Hernández, M. ¹ ; Esparza Rivera, J. R.2; Sánchez Chávez, E.3; Cano Ríos, P.4.....	162
CALIDAD NUTRACEUTICA DE MELÓN ORGÁNICO PRODUCIDO EN INVERNADERO.....	165
Preciado Rangel, P. ¹ ; García Villela, K. M. ¹ ; Fortis Hernández, M. ¹ ; Esparza Rivera, J. R.2; Segura Castruita, M. A. ¹	165
EFFECTO RESIDUAL DE ESTIERCOL BOVINO EN LA PRODUCCION DE TRITICALE (X. Triticosecale Wittmack)	168

Trujillo-Herrada U.1; Luna-Anguiano J.2; Ceniceros-García A. K.3; Covarrubias-Triana RM.3; Dávila González T.3	168
PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE BRÓCOLI (<i>BRASSICA OLEARACEA</i>) CON LOMBRICOMPOSTA HECHA CON RESIDUOS DE HONGO SETA	173
Romero Arenas, O. ^{1*} ; Islas Gantes, V. ² ; Cabrera Huerta, E. ² ; Simón Báez, A. ³	173
MAÍZ FORRAJERO CON APLICACIONES DE ESTIÉRCOL SOLARIZADO EN LA COMARCA LAGUNERA	177
Salazar-Sosa, E. ^{1*} ; Trejo-Escareño, H. I. ¹ ; López-Martínez, J.D. ¹ ; Salazar-Meléndez, E. ²	177
BACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO DE PLANTAS DE (<i>Prosopis glandulosa</i>), Y SU EFECTO EN MEZQUITE CHILENO (<i>Prosopis chilensis</i> (Mol.) Stuntz)	182
Villegas-Espinoza, J.A. ^{1*} ; Rueda-Puente, E.O. ² ; Beltrán-Morales, F.A. ¹ ; Ruiz-Espinoza F.H. ¹	182
Simposium <i>Ciclo del Carbono</i>	188
BIOCARBÓN (BIOCHAR) EN <i>LOLIUM PERENNE</i> EN UN SUELO ARENOSO.....	189
Escalante Rebolledo, A. ^{1*} ; Etchevers Barra, J. ¹ ; Hidalgo Moreno, C. ¹ ; García Moya, E. ¹ ; López Collado, J. ² ; Campo Alves, J. ³	189
DINÁMICA DE CARBONO EN SUELOS HÍDRICOS EN DIFERENTES COMUNIDADES DE MANGLARES, CHACAHUA (MÉXICO)	192
Fuentes Romero, E. ¹ , García Calderón, NE. ¹ , Martínez O, J.R. ² ; Álvarez Arteaga, G. ^{2,3}	192
VARIACIÓN A MEDIANO PLAZO DEL ALMACÉN DEL CARBONO EN SUELOS DE DIFERENTES AGROECOSISTEMAS	198
García Calderón, N.E. ¹ ; Fuentes-Romero, E. ¹ ; Bobadilla, B.M.D. ¹ ; Zainos, H.Ch. ¹ ; Hernández Jiménez, A. ² ...	198
PROPIEDADES DEL SUELO Y FIJACIÓN DE CARBONO BAJO TRES SISTEMAS DE LABRANZA EN EL DÉCIMO TERCER AÑO DE TRATAMIENTO	203
Pérez Nieto, J. ^{1*} ; García Buendía, A. C. ¹ ; Valdés Velarde, E. ¹ ; Ayala Sánchez C. ¹	203
CONTENIDO DE CARBONO EN SISTEMAS AGROFORESTALES DE CAFÉ EN HUATUSCO, VERACRUZ, MÉXICO	207
Valdés Velarde, E. ^{1*} ; Masuhara, A. ² ; Pérez Nieto, J. ¹ ; Martínez Pérez, D. ³ ; Ordaz Chaparro, V. M. ⁴ ; Merino, A. ⁵	207
ESTUDIO DEL CARBONO EN SISTEMAS AGROFORESTALES DE UNA REGIÓN CAFETALERA DE VERACRUZ.....	215
Vázquez-Domínguez, L.P. ^{1*} ; Valdés Velarde, E. ¹ ; Ordaz Chaparro, V. M. ² ; Pérez Nieto, J. ¹ ; Martínez Pérez, D. ³ ; Merino, A. ⁴	215
ESTIMACIÓN DE CO ₂ EMITIDO POR MANTILLO Y CAPAS DE FERMENTACIÓN DE BOSQUES MEDIDO <i>IN VITRO</i> CON RESPIRÓMETRO	221
Barrales Brito, E. ^{1*} ; Etchevers Barra J.D. ² ; Hidalgo Moreno, C. ² ; Paz Pellat, F. ²	221
CAMBIOS EN LAS RESERVAS DE CARBONO ORGÁNICO EN SUELO DE LA CUENCA DEL RÍO MOLOLOA, NAYARIT	226
Castillo Pacheco, L. ^{1*} ; Bojórquez Serrano, J. ² ; Hernández Jiménez, A. ³	226

CARBONO EN SISTEMAS AGROFORESTALES DE CAFÉ EN LA REGIÓN DE LAS MONTAÑAS, VERACRUZ	231
Cuevas Trejo, S. ¹ ; López Velasco, M. ¹ ; Valdés Velarde, E. ^{1*} ; Ordaz Chaparro, V. M. ² ; Martínez Pérez, D. ³ ; Ayala Sánchez, C. ⁴ ; Merino, A. ⁵	231
EVALUACIÓN DE CARBONO EN SISTEMAS AGROFORESTALES DE CAFÉ (<i>Coffea arabica</i> L.) EN CHOCAMÁN, VERACRUZ.....	236
Rojas Pérez, L. ^{1*} ; Valdés Velarde, E. ¹ ; Ordaz Chaparro, V. M. ² ; Martínez Pérez, D. ³ ; Pérez Nieto, Joel ¹ ; Merino, A. ⁴	236
Simposium <i>Microbiología y Biotecnología de Suelos</i>.....	243
CEPAS DE <i>Trichoderma</i> spp. Y SOLUCIONES NUTRITIVAS EN EL CRECIMIENTO FISIOLÓGICO DE PLÁNTULAS DE CHILE (<i>Capsicum annum</i>) (MIRASOL)	244
Escareño Barajas, J. E. ^{2*} ; Lozano Gutiérrez, J. ¹ ; España Luna, M. P. ¹ ; Lara Herrera, A. ¹ , Calvillo Oliveros, M. T. ² ; Díaz Robles, A. ² ; Villegas-Lujan, R. ²	244
INTERACCIÓN ENTRE DOSIS DE NITRÓGENO Y HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN EL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE <i>Carica papaya</i> L.	249
Figuroa-Chan, J. M.; Rincón-Enríquez, G.; Quiñones-Aguilar, E. E.*	249
COLONIZACIÓN MICORRÍZICA DE MAÍZ NATIVO CONDICIONADA POR EL TIPO DE MANEJO E INSUMOS AGRÍCOLAS	254
Fuentes Ponce, M. H. ^{1*} ; Moreno Espíndola, I. P. ¹ ; Rodríguez Sánchez, L. M. ¹	254
MORFOTIPOS DE MICORRIZAS ASOCIADAS A TOMATILLO EN ARTEAGA, COAHUILA	260
Hernández Hernández, F. S. ¹ ; Mendoza Villarreal, R. ^{2*} ; Robledo Torres, V. ² , Cárdenas Flores, A. ³	260
POBLACIONES MICROBIANAS EN SUELOS ACONDICIONADOS CON BIOSÓLIDOS	266
Montiel-Elías, J. G. ^{1*} ; Corlay-Chee, L. ¹ ; Robledo-Santoyo, E. ¹	266
ACTINOMICETOS DEL SUELO PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DEL HONGO FITOPATÓGENO <i>Fusarium Solani</i>	271
Quiñones Aguilar, E. E. ^{1*} ; Qui Zapata, J. A. ¹ ; Rincón Enríquez, G. ¹ ; Evangelista Martínez, Z. ¹ ; López Pérez, L. ² ; Palacios Arriaga, A. H. ¹	271
ACTIVIDAD INHIBITORIA DE ACTINOBACTERIAS DEL SUELO PARA EL BIOCONTROL DEL AGENTE CAUSAL DEL TIZON DE HALO EN FRIJOL.....	277
Quiñones Aguilar, E. E. ^{1*} ; Rincón Enríquez, G. ^{1*} ; Qui Zapata, J. A. ¹	277
MUERTE DE ESCLEROCIOS DE <i>Phymatotrichopsis omnivora</i> EN SUELO ADICIONADO CON MELAZ	282
Samaniego Gaxiola, J. A. ^{1*} ; Pedroza Sandoval, A. ²	282
HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NATIVOS DE PLANTACIONES DE LA DOM-MICHOACÁN EN EL CRECIMIENTO DE <i>Agave tequilana</i>	287
Montoya-Martínez, A.C. ^{1,2} ; Rincón-Enríquez, G. ¹ ; Quiñones-Aguilar, E.E. ¹ ; López-Pérez, L. ^{2*}	287
DETERMINACION DEL TIEMPO DE MICORRIZACION EN PLANTULAS DE PAPAYA EN VIVERO	291

Beltrán Castañeda, L.Y.; Quiñones Aguilar, E.E.; Rincón Enríquez, G.*	291
BACTERIAS ENTEROPATÓGENAS EN MUESTRAS DE SUELO Y AGUA EN HUERTOS DE GUAYABA DE LA REGIÓN DE CALVILLO, AGUASCALIENTES	296
Gallegos Robles, M.A. ^{1*} ; Sánchez Lucio, R. ¹ ; González Gaona, E. ² ; Salazar Sosa, E. ¹ ; Vázquez Vázquez C. ¹ ; Orona Castillo, I. ¹ ; García Hernández, J.L. ¹	296
EFFECTO DEL TRATAMIENTO ALCALINO EN LA INACTIVACIÓN DE COLIFAGOS PRESENTES EN BIOSÓLIDOS	300
Hernández Rodríguez, P.X. ¹ ; Fernández Luqueño, F. ² ; Rosas Morales, M. ¹ ; Ríos Cortés, A.M. ¹ ; López Valdez, F. ^{1*}	300
EVALUACIÓN DE BIOFERTILIZANTES EN DOS CICLOS PRODUCTIVOS DE CAÑA DE AZÚCAR <i>Saccharum officinarum</i>	306
Mata Vázquez, H. ^{1*} , Vázquez García, E. ¹ , Alejandro Allende, F. ²	306
USO DE MICORRIZA CON DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACIÓN INORGÁNICA EN LA PRODUCCIÓN DE CHILE SERRANO	311
Mata Vázquez, H. ^{1*} ; Vázquez García, E. ¹ ; Ramírez Meraz, M. ¹ ; Alejandro Allende, F. ²	311
INFLUENCIA DE LAS COSTRAS BIOLÓGICAS SOBRE LA CALIDAD DE LAS SUSTANCIAS HÚMICAS EN SUELOS DE ZONAS ÁRIDAS.....	316
Maya Delgado, Y. ^{1*} ; Fuentes Romero, E. ² ; García Calderón, N.E. ² ; Solís Valdéz, S. ³	316
SELECCIÓN DE PROPÁGULOS DE HONGOS MICORRIZICOS NATIVOS PARA LA ELABORACION DE BIOFERTILIZANTES PARA PAPAYA.....	322
Quiñones Aguilar, E.E. ¹ ; Trinidad Cruz, J. R. ¹ , Montoya Martínez, A.C. ^{1,2} ;López Pérez, L. ² ; Rincón Enríquez, G. ^{1*}	322
EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO EN INVERNADERO DE PINUS MONTEZUMAE LAMB. AL TRATAMIENTO CON BACTERIAS Y HONGOS BENÉFICOS.....	326
Rendón Pablo, A.1; López Reyes, L.1; Portillo Manzano, E.1; Tapia Hernández, A.1; Sánchez Alonso, M. P.2.; Pérez Moreno, J.3 ; Carcaño Montiel, M. G.1*	326
APROVECHAMIENTO DE LAS MACROALGAS COMO SUSTRATO PARA LA EMERGENCIA Y CRECIMIENTO DE PLANTULA DE ALBAHACA <i>Ocimum basilicum</i>	333
Rafael Hernández, E. 1; Ruiz Espinoza, F. H. *2; Beltrán Morales, F. A. 2; Loya Ramírez, J. G. 2; Zamora Salgado, S. 2; Rodríguez Ortiz, J. C. 3; Rodríguez Fuentes, H. 4; Ríos Mena, R.2	333
SELECCIÓN DE PROPÁGULOS DE HONGOS MICORRIZICOS NATIVOS PARA LA ELABORACIÓN DE BIOINOCULANTES PARA AGAVE	339
Rincón Enríquez, G.1; Montoya Martínez, A. C.1,2; Trinidad Cruz, J. R.1; López Pérez, L.2; Quiñones Aguilar, E. E.1*	339
EVALUACIÓN DE MÉTODOS PARA EL AISLAMIENTO DE CEPAS NATIVAS DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN SUELOS NOGALEROS DE LA COMARCA LAGUNERA	344

Santiago López, E.^{1*}; Crispín del Río, Z.²; Arnaldo Orozco, J. A.²; Zermeño González, H.²; Pérez-Rodríguez, E.³
344

CARACTERIZACIÓN DE *Pseudomonas* spp. ASOCIADAS A LA RIZÓSFERA DE DIFERENTES VARIEDADES DE MAÍZ
350

Sil Palacios, G.¹; Medina de la Rosa G.¹; Carcaño Montiel, M.¹ y López Reyes, L.¹350

SELECCIÓN INOCULOS MICORRÍZICOS PARA LA PROMOCIÓN DE CRECIMIENTO EN PLANTAS DE ALFALFA356

Trinidad-Cruz, J. R.¹; Quiñones-Aguilar, E. E.^{1*}; Luis López-Pérez, L.²; Rincón-Enríquez, G.^{1*}356

EFFECTO DE LOS INOCULANTES BACTERIANOS MIXTOS EN EL DESARROLLO DE CACAO (*THEOBROMA CACAO* L.)
361

Vázquez Cabañas, E.A.¹; López Reyes, L.¹; Hipólito Romero, E.^{2*}; Ramos Prado, J.M.²; Carcaño Montiel, M.G.^{1**}
361



'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**

Simposium *Bioquímica de Suelos*

RELACIÓN ENTRE HUMEDAD, ACTIVIDAD ENZIMÁTICA Y SUSTANCIAS HÚMICAS EN UN ANTROSOL TERRICO SALINO

Galicia Palacios, M. del S.1* ; Reyes Ortigoza, A. L.1

¹Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Laboratorio de Edafología "Nicolás Aguilera".

Galicia-Palacios María del Socorro Email: maryso57@yahoo.com.mx, Ciudad Universitaria Facultad de Ciencias, Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Laboratorio de Edafología. Edificio A, Planta Baja. C.P 04510, México, D.F. Tel 55 56224922.

Resumen

Los humedales almacenan grandes cantidades de carbono debido a la descomposición lenta de la materia orgánica por exceso de agua que crea condiciones anaeróbicas. El objetivo fue investigar el efecto de la humedad en la evolución de las sustancias húmicas y actividad enzimática de un suelo del sitio Ramsar 1363. Se trabajo en un perfil con 9 muestras de suelo de Tláhuac D.F. A los suelos se les extrajeron sustancias húmicas, se determinó pH. Conductividad eléctrica (C.E) en extracto de pasta de saturación, Carbono total (Ct) del suelo y en las fracciones húmicas y Nitrógeno total (Nt). Respiración y enzimas (glucosidasa y fosfatasa alcalina). Los resultados muestran que el mayor contenido de carbono está en las fracciones poco evolucionadas AF y en las Huminas en casi todos los suelos. La relación E_4/E_6 en los suelos es de 3.4 – 3.8 en la capa arable del suelo, estos valores indican que las moléculas de los AH son evolucionadas. Se concluye que los AH son evolucionados aunque tienen sales, manejo antrópico y nivel freático elevado. La actividad enzimática está influenciada por el alto contenido de humedad, C.E y pH del suelo

Palabras clave: Ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, glucosidasa, fosfatasa

Introducción

Las chinampas fueron construidas en la época prehispánica entre los años 900 y 902 A.C por los Xochimilcas, Chalcas y Cuiclahuicas, hechas a base de capas de vegetación acuática, lodo del fondo del lago, sobre un entretejido de ramas y sujetas por árboles de ahuejote *Salix bonplandiana* Kunth y *Salix humboldtiana*, con la aplicación constante de plantas acuáticas, abonos orgánicos y rastrojos de maíz (Código Ramírez 1944, Coe 1964, Rojas 1984). Rodeados de tulares como *Typha latifolia* y *Scirpus americanus*.

A partir de 1956 se aplica agua mal tratada a la zona generando contaminación por sales y sodio e impacto ambiental que atentan contra su condición de Patrimonio Mundial Cultura Natural y Zona Sujeta a Conservación Ecológica. Actualmente las chinampas están localizadas en Xochimilco, Acalpixca, Atlapulco, Tlaxiátemalco, Tetelco, Mixquic y Tláhuac, estas áreas fueron declaradas Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO en 1987 y a partir de 2004 esta zonas se han considerado sitio RAMSAR 1363 con 2657 ha.

Los suelos se han clasificados como Antrosoles Terricos WRB 2006 porque han sido construidos por el hombre, con manejo continuo del suelo, aplicaciones de estiércol y rastrojo. Son suelos de humedal porque están saturados o inundados de agua generando condiciones anaeróbicas que determinan un gradiente redox en sus funciones bioquímicas (Richardson y Vepraskas 2001).

Los humedales son los ecosistemas más productivos del mundo y brindan importantes beneficios como el control de inundaciones, reposición de las aguas subterráneas, estabilización de costas,

retención y exportación de sedimentos y nutrientes depuración del agua y son reservorios del carbono del suelo y de la diversidad vegetal y animal.

La calidad del suelo conserva la biodiversidad y participa en la productividad de recursos para la alimentación del hombre. La actividad de los microorganismos es esencial ya que realizan numerosas reacciones de oxidación, hidrólisis y degradación de la materia orgánica en los ciclos del carbono, nitrógeno, fósforo, azufre importantes para el crecimiento de las plantas y fertilidad del suelo (Balloni y Favilli, 1987).

La respiración de suelo es conocida como edáfica basal que incluye a las raíces, fauna del suelo y mineralización del carbono hasta CO_2 , a partir de diferentes fuentes de carbono (abonos, compostas y rastrojos).

Las enzimas son importantes en las transformaciones químicas que se producen en el suelo, se clasifican según su función en hidrolasas que ayudan al rompimiento de los enlaces para hacer disponibles los elementos nutritivos se incluyen la carbohidrasa, quitinasa, β -glucosidasa y β -galactosidasa dentro del ciclo del carbono; fosfatasa dentro del ciclo del fósforo, ureasa y proteasa dentro del ciclo del nitrógeno y arilsulfatasas en el ciclo del azufre.

La actividad enzimática de la β glucosidasa hidroliza los enlaces β D- glucopiranosidos de los carbohidratos, interviene en la degradación completa de la celulosa ya que cataliza la ruptura del enlace beta del disacárido celobiosa transformándolo en glucosa, proporciona estructuras carbónicas y energía para el crecimiento de los organismos heterótrofos del suelo (Pascual *et al* 2000).

La fosfatasa cataliza la hidrólisis del fosfato ester y son enzimas relativamente específicas capaz de actuar sobre un número de diferentes estructuras relacionados con los sustratos. Las fosfatasas incluyen enzimas que hidrolizan el pirofosfato, metafosfato y polifosfatos inorgánicos. Las fosfomonoesterasas se han estudiado en el suelo debido que ellas catalizan la hidrólisis del fosfomonoester orgánico a fósforo inorgánico.

Materiales y Métodos

Se muestreo un perfil del suelo ubicado en Tláhuac D., F a los $19^\circ 16' 06''$ LN y $99^\circ 00' 16''$ LW (figuras 1 y 2). A las muestras de suelo se les determinó, contenido de humedad por el método de Foster 1995, densidad aparente método del cilindro y densidad real método del picnómetro, pH y conductividad eléctrica (C.E) en extracto de pasta de saturación, carbono total (Ct) por el método de Walkley y Black, Nitrógeno total (Nt) método de Kjeldahl, Bases intercambiables y CIC por el método de Thomas 1982, fósforo disponible por método de Olsen 1954, biomasa microbiana y enzimas β glucosidasa por el método de Tabatabai 1988, fosfomonoesterasa alcalina por el método de Eivazi y Tabatabai 1977. Para determinar la actividad enzimática del suelo las muestras se preincubaron en una Precision incubator 815 a 28°C durante 7 días para promover la actividad microbiana y 7, 14 días con su humedad de campo.

Se tomaron muestras por triplicado para el análisis se utilizó un espectrofotómetro Coleman modelo 35 para leer la absorbancia a 420 nm. Se determinó el carbono soluble por el método de Candler *et al* 1989. Se extrajeron las sustancias húmicas en los suelos (AH, AF y huminas) por el método de Kononova & Bel'chicova 1960, se determino carbono de las fracciones húmicas por el método de Walkley y Black 1947. Los AH una vez purificados se realizó el coeficiente de extinción óptica en el espectro visible, de 450 hasta 726 nm, con un espectrofotómetro PYE UNICAM 8600 UV/VIS para determinar la relación E_4/E_6 . Se trazaron las curvas de densidad óptica (van Reeuwijk 2002).

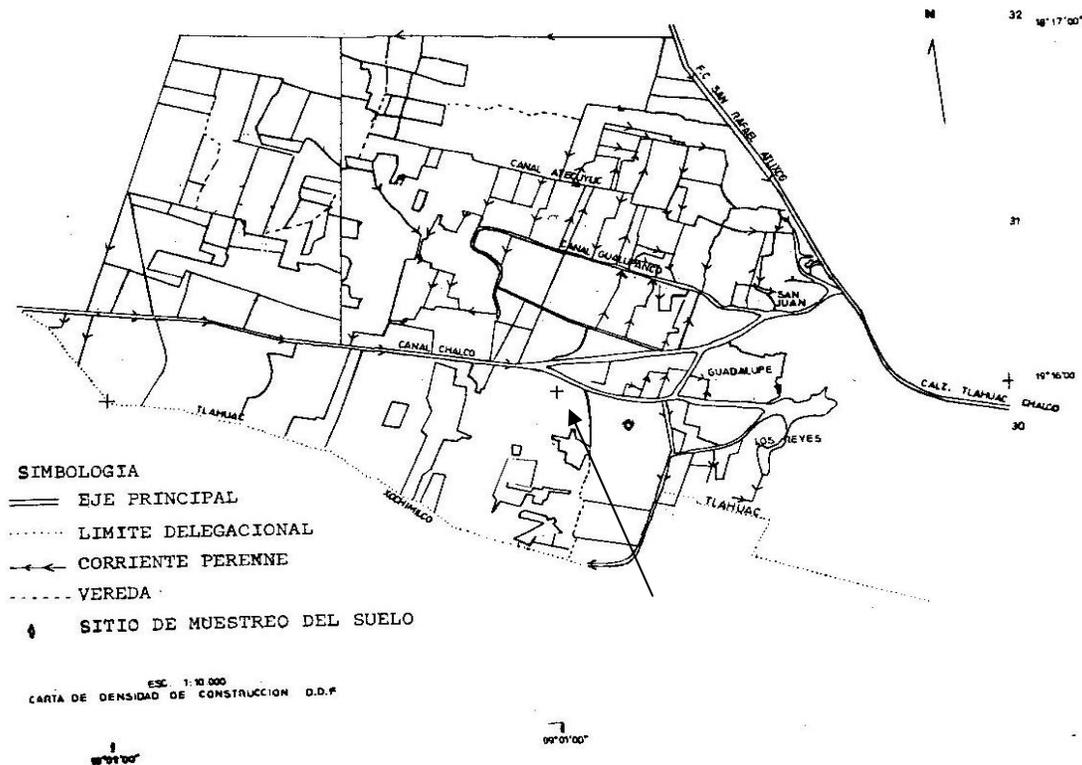


Figura 1. Mapa de la zona de estudio.

Resultados y Discusión

Salinidad

En el Cuadro 1 se observa que la densidad aparente y la densidad real son muy bajas por el alto contenido de materia orgánica en el suelo, con una porosidad muy elevada del 54 a 65 %, los pHs del suelo son muy altos en la superficie de 8.1-8.3 y ligeramente neutros al aumentar la profundidad, la (C.E) varía de 4.7-13.2 dS/m^{-1} , el Ca^{+2} , Mg^{+2} y Na^{+} intercambiable se encuentran en valores más altos al aumentar la profundidad, el fósforo disponible es excesivo en todo el perfil debido a la mala calidad del agua que rodea al suelo, con una capacidad de intercambio catiónico de 40.6- 86.6 Cmol/kg , atribuida al alto contenido de materia orgánica y al predominio de la montmorillonita en estos suelos (García *et al* 1994). El porcentaje de sodio intercambiable (PSI) es menor de 15 % y aumenta por el alto contenido de Na^{+} intercambiable. La CE es alta al aumentar la profundidad del perfil. Con base a la $\text{CE} > 4 \text{ dSm}^{-1}$ y el pH de 8.3 y $\text{PSI} < 15$, el suelo se clasifica como salino.

Sustancias Húmicas

El carbono total (Ct) del suelo es alto (Landon, 1984) varían de 73.34 en la superficie a 423.4 g/kg en la profundidad debido al manejo del suelo, condiciones anaerobias y alto porcentaje de humedad que aumenta de 154 a 336. El contenido de Nitrógeno total (Nt) es muy alto y varía de 4.9 – 13.3 g/kg de suelo (Jones and Wolf 1984), los valores más altos se encuentran a mayor profundidad. Cuadro 1. Algunos análisis físicoquímicos del suelo de Tlanhuac.

Cuadro 1. Algunos análisis fisicoquímicos del suelo de Tláhuac.

Profundidad cm	D.ap. Mg/m ⁻³	D. real Mg/m ⁻³	Porosidad %	pH 1:5 agua	C. E dS m ⁻¹	Ca ⁺² Cmol /kg	Mg ⁺² Cmol /kg	Na ⁺ Cmol /kg	K ⁺ C	PO ₄ ⁻³ mg /kg	CIC Cmol /kg	PSI
0-10 Ap.	0.66	1.68	60.71	8.1	4.70	27.5	17.5	2.91	2.46	8000	45.3	6.41
10-40 Ap ₂	0.64	1.60	60.00	8.3	6.41	22.0	22.0	2.59	1.17	5750	40.6	6.37
40-60 B	0.58	1.40	58.57	7.3	8.60	30.5	29.5	4.38	2.05	5850	64.0	6.84
60-78 2 C *	0.54	1.33	59.39	7.2	13.8	24.0	28.0	4.38	0.91	5250	51.4	8.51
78-83 3Ah	0.51	1.13	54.86	7.1	10.0	17.0	27.0	3.48	0.88	4600	51.2	6.79
83-95 3H ₂	0.36	1.05	65.71	6.7	10.6	27.5	39.0	2.35	0.82	5550	86.6	2.71
107-138 4B	0.45	1.02	55.88	7.5	13.2	36.5	36.5	6.63	5.58	4850	57.1	11.6
138-143 5H	0.45	1.02	55.88	7.9	9.3	36.0	35.5	7.53	0.44	4250	51.4	14.6
>143 6H	0.40	1.00	60.00	8.0	7.3	32.5	27.0	7.98	0.70	5250	35.7	22.3

*Capa blanca

Cuadro 2. Contenido de carbono en las diferentes fracciones húmicas suelo Tláhuac.

Pr cm	Ct g/kg	Nt g/kg	C/N	Cs g/kg	C MOL g/kg	C AF H ₃ PO ₄ g/kg	AH g/kg	AF g/kg	Hu minas g/kg	AH/AF	E4/E6
0-10 Ap.	73.34	6.0	12.1	1.1 *1.49	0.53	3.35	20.9	20.47	26.49 *36.80	1.02	3.88
10-40 Ap ₂	121.8	8.9	13.6	1.5 *1.29	0.31	1.95	19.0	57.4	41.64 *34.18	0.33	3.40
40-60 B	155.1	11.3	13.7	2.7 *1.74	0.24	4.64	24.1	40.0	83.43 *53.82	0.60	3.80
60-78 2 C	158.7	11.1	14.3	2.9 *1.82	0.24	2.03	34.8	13.6	105.13 *66.24	2.55	4.47
78-83 Ah	177.5	8.70	20.4	2.9 *1.69	0.54	1.55	29.1	13.7	129.71 *73.07	2.12	3.86
83-95 3H ₂	423.4	11.8	35.6	3.9 *0.92	0.31	1.63	35.6	27.5	354.46 *83.71	1.29	3.91
107-138 4B	389.0	13.3	29.1	3.8 *0.97	0.38	12.2	29.8	16.2	326.82 *83.88	1.83	4.20
138-143 5H	339.9	11.5	29.6	3.3 *0.97	0.29	13.6	9.28	15.2	298.23 *87.74	0.61	5.48
>143 6H	238.4	9.5	25.1	2.9 *1.21	0.30	16.2	2.48	5.4	211.32 *88.64	0.45	4.86

Pr: profundidad

En la capa arables la relación C/N es adecuada para la mineralización de la materia orgánica, por el laboreo y la aplicación de rastrojo de maíz, al aumentar la profundidad, la relación C/N es muy alta debido al mayor contenido de carbono total con respecto al nitrógeno total, estos valores indican menor mineralización de la materia orgánica por el exceso de humedad y anaerobiosis que restringe la actividad microbiana. El carbono soluble es bajo en todo el perfil y representa del 1 al 2% del carbono total del suelo. El carbono de la materia orgánica libre MOL no está enlazado a la fracción mineral es baja en todo el perfil. El carbono de los AF extraído con H₃PO₄ representa mayor movilidad

dentro del perfil por ser más soluble y se encuentra con valores más altos al aumentar la profundidad y el % de humedad. Las relaciones AH/AF menores de 1 indican que los suelos son más susceptibles a la degradación por sales como: sulfatos, cloruros de sodio, magnesio y predominio de sodio intercambiable (Cuadro 1) (Galicia *et al* 2011,2012), sin embargo en la profundidad de 60 a 138 cm hay más contenido de carbono en los AH (Cuadro 2). El mayor contenido de C se encuentra en las huminas en el que se forman complejos muy estables órgano - montmorillonita (García *et al* 1994, Galicia 2009) y varía de 26.99 – 354.6 g/kg que equivale al 34.18- 88.68 % con respecto al carbono total de este suelo. La relación E_4/E_6 oscila de 3.4 – 5.48, en la capa arable, donde los valores de 3.4 a 3.88 indican mayor evolución, condensación y aromaticidad de los AH (Figura 3).



Figura 2. Perfil de suelo estudiado.

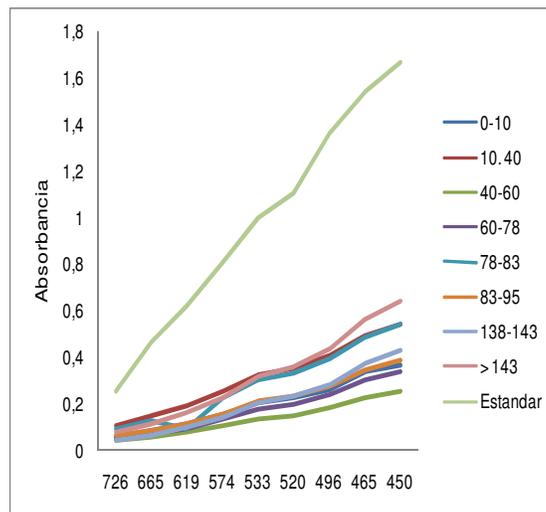


Figura 3. Propiedades ópticas de los AH.

Actividad Enzimática

La humedad del suelo incrementa de 37.2 en la superficie a 336 a mayor profundidad, estos valores aumentan las condiciones de anaerobiosis y solo algunos géneros de bacteria y hongos facultativos son las que están activos para la mineralización de la materia orgánica, por lo que estos suelos acumulan altos contenidos de materia orgánica (Craft 2001).

La respiración de los microorganismos en el tiempo cero (To) es mayor en la superficie donde la humedad y la C.E son menores, para el To a mayor profundidad (83-143 cm) la respiración microbiana es muy baja de 0.42 a 1 mgCO₂/100g de suelo/ día, atribuible a valores mayores de CE y humedad, a los 7 días disminuye la respiración en todo el perfil, los valores más altos de respiración microbiana ocurrieron a a los 14 días de incubación a 28 ° C.

Los valores de actividad de la enzima β glucosidasa en estos suelo de humedal fueron muy bajos en todos los tiempos de incubación, en un rango de 0.03 a 0.7 μg PNG g⁻¹ suelo h⁻¹, debido al pH, C.E y humedad elevada, la β glucosidasa se encuentran dentro de los valores para suelos cultivados (Pascual *et al* 2000). Debido a esto el contenido de glucosa es bajo en todo el perfil en un rango de 0.50 a 1.44 gC/Kg de suelo.

La actividad de la fosfatasa alcalina tuvo valores de 1.9 a 6.9 μg P N F g⁻¹ suelo h⁻¹ en la superficie en el To atribuible al manejo agrícola (García *et al* 2003) y características como C.E, pH y fósforo disponible alto, la actividad de la fosfatasa aumenta ligeramente al aumentar la profundidad aunque existan altos porcentajes de humedad.

Cuadro 3. Actividad enzimática de los suelos estudiados

Pr	H %	Rspr To Mg CO ₂ /100 de slo/ día	Rspr T1	Rspr T2	β glc To μgPNG g ⁻¹ suelo h ⁻¹	β glc T1	β glc T2	Fft alc To μgPNFg ⁻¹ slo h ⁻¹	Fft alc T1	Fft alc T2	glc gC/Kg de slo
0-10 Ap.	37.2	5.25	0.54	17.6 0	0.04	0.07	0.04	2.30	0.75	1.14	2.56 *1.44
10-40 Ap ₂	58.6	8.80	5.08	14.6 8	0.08	0.15	0.03	1.90	0.79	1.28	1.55 *0.50
40-60 B	80.9	7.70	2.31	13.4 0	0.14	0.08	0.17	6.09	2.78	3.83	2.41 *0.62
60-78 2 C	89.8	10.05	1.82	2.88	0.76	0.08	0.09	3.42	1.99	2.48	4.92 *1.24
78-83 3Ah	86.9	3.14	2.31	3.05	0.47	0.04	0.08	2.83	1.48	1.88	3.87 *0.87
83-95 3H ₂	154	0.42	5.45	2.42	0.70	0.09	0.07	2.33	2.52	4.49	6.8 *0.64
107-138 4B	230	1.34	3.45	1.45	0.15	0.11	0.03	10.68	5.17	5.59	9.6 *0.98
138-143 5H	263	1.05	0.54	2.94	0.07	0.07	0.13	7.93	1.07	5.26	8.47 *1.17
>143 6H	336	1.00	0.17	0.82	0.07	0.06	0.16	7.97	0.07	1.30	7.87 *1.32

Pr: profundidad; H: humedad; Rspr: respiración; slo: suelo; glc: glucosa; β glc: beta glucosidasa; Fft alc: fosfatasa alcalina; To = respiración del suelo testigo; T1 y T2 respiración del suelo incubado a los 7 y 14 días.

* % de C de la glucosa con respecto al carbono total del suelo

Conclusiones

El alto porcentaje de carbono en el suelo se atribuye a el manejo antrópico (debido al aporte del rastrojo de maíz y abono orgánico) y al origen del suelo. El alto contenido de N es debido a la mineralización y aporte del agua lodo rico en este elemento, así como el ambiente eutrófico del agua de los canales y desechos de ganado de traspatio.

El mayor grado de humificación se encuentra en la superficie de 0-60 cm a pesar de los rangos altos de C.E. El dominio de AF sobre los AH, así como alta proporción de huminas, se asocio al alto porcentaje de humedad, baja actividad biológica y manejo antrópico del suelo. La relación E_4/E_6 de los AH con valor de 3.4 a 3.8 en la superficie, indica mayor evolución del humus, a pesar de la salinidad y pH elevado, lo que implica un efecto amortiguador de la materia orgánica. Los intervalos de la enzima glucosidasa en la superficie se atribuyeron a la CE y pH alto, aunque mientras que a mayor profundidad se atribuyeron al exceso de humedad y C.E. La fosfatasa no tuvo asociación aparente con el grado de humedad ni CE, por lo cual se atribuyó al exceso de fósforo.

Agradecimiento

A la DGAPA de la UNAM por el financiamiento para esta investigación a través del Proyecto PAPIIT IN 218512. "Índices de Calidad en Suelos de Humedal de Tláhuac, Xochimilco y San Gregorio Atlapulco".

Bibliografía

- Alef, K., P. Nannimpieri 1995 *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. 2^a edition. Academic Press. London. 576 pp.
- Balloni, W., F. Favilli, 1987. *Effects of agricultural practices on the physical, chemical and biochemical properties of soils*. Part 1. In: Barth H., P. L. (Eds.). *Scientific Basis for soil protection in European Community*. Elsevier. Applied Science, New York.
- Foster, J., C. 1995 *Determination of the gravimetric water content and soil dry mass*. In: Alef K P Nannimpieri (ed) *Methods in applied soils microbiology and biochemistry*. 2^a edition. Academic Press. London 576 pp.
- Galicia, P.M.S., M.E. González. S and N.E García. C. 2009 *Some features Involved with the geographic distribution of Antrosols from Xochimilco and Tlahuac delegations in Mexico City Soil Geography International Conference of Soil Geography*, New Horizons Santa Cruz Oaxaca Huatulco.
- Galicia, P.M.S., A.L. Reyes, O. 2012 *Sustancias húmicas en áreas naturales protegidas*, XXXVII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Zacatecas, Zacatecas. CD. ISBN 978-607-7678-76-2.
- García C. N. E., M. S. Galicia P., N. Aguilera., L. Reyes. 1994. *Organic Matter and Humic Substances Contents in Chinampa Soils from Xochimilco-Tláhuac Areas, Mexico*. In: *Transactions 15th International Congress of Soil Science*. Acapulco, Gro. 14-16 July. Vol. 3^a; 368 - 382 pp.
- Kononova, M., N. P. Bel'chikova 1960 *Investigations on the nature of soil humic substances*. *Soviet Soil Science* 11: 1149-1153.
- Pascual, J.A., C. García., M.T. Hernández., J.L. Moreno., M. Ros. 2000 *Soil microbial activity as a biomarkers of degradation processes*. *Soil Biology & biochemistry* 28, 1877-1883.
- Rojas, R.T 1984 *La tecnología indígena de construcción de las chinampas en la Cuenca de México*. México D.F
- Richardson J.L., M. J Vepraskas. 2001 *Wetland soils, genesis, hydrology, landscapes and classification*. Boca Raton London New York, Washington, D. C Lewis Publishes 417 p.
- Stevenson, F. J 1994 *Humus chemistry genesis, composition and reaction*. John Wiley & Sons, Inc.496 pp.
- van Reeuwijk L. P (ed) 2002 *Procedures for Soil Analysis*. Sixth edition, International Soil Reference and Information Centre. ISRIC, FAO Netherlands.

MUCÍLAGO DE NOPAL (*Opuntia* spp.) EN PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSO Y ARENOSO

García Favela, B.^{1*}; Quintero Lizaola, R.²; Ojeda Trejo, E.²; Trinidad Santos, A.²; Alarcón, A.²; Espinosa Victoria, D.²; González Estrada, E.³

¹Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. México.

²Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.-Postgrado en Edafología,

³Estadística, Texcoco, Estado de México. México.

*Autor responsable: bgarciafavela@yahoo.com.mx; Carretera México-Texcoco km 38.5 Núm. s/n, Col. Chapingo Ciudad, Texcoco Estado de México. País. México CP 56230; Tel. +52(595)-9521500-5382

Resumen

Se evaluaron diferentes dosis de mucílago de nopal: Testigo (sin mucílago), T (tratamiento) 10-90, T40-60 y T80-20;(porcentaje mucílago de nopal y agua). Se utilizaron dos suelos con texturas arcillosa y arenosa. Los tratamientos se colocaron en cajas magenta, en cámara de ambiente controlado a 25 °C y humedad relativa de 40%. Se realizaron tres muestreos; a los 7, 14 y 21 días después de aplicado el mucílago. Se evaluó: estabilidad de agregados(Es-Agr), estabilidad estructural(Es-Est), carbono orgánico (Corg), nitrógeno total (Ntot) y la relación carbono/nitrógeno (C/N). En el suelo arcilloso, T 80- 20, presentó los valores más altos en la Es-Agr, Es-Est y Ntot. Para el arenoso el T 40-60 presentó los valores más altos para Es-Agr, seguido por el T80 20. Para la Es-Agr y para Corg el mejor fue T40-60. Para el Ntot, el T10-90 fue mejor, mientras que para la C/N fue el T80-20.

Palabras clave: Mucílago de nopal; agregación; carbono orgánico

Introducción

El género *Opuntia* de la familia de las cactáceas, se caracteriza por producir un hidrocoloide que se asemeja a una red, una estructura capaz de sostener grandes cantidades de agua (Ting, 1997). Estudios de Sepúlveda et al., 2007 sobre la estructura y composición del mucílago de nopal informaron que se trata de un carbohidrato complejo y ramificado, que contiene L-arabinosa, D-galactosa, ácido D-galacturónico, L-ramnosa y D-xilosa. La estructura del suelo es muy dinámica debido a que se ve afectada por la materia orgánica del suelo. La estabilidad estructural de un suelo representa la habilidad para conservar la distribución y tamaño de sus agregados, después de exponerse a varias presiones (impacto de fuerzas externas, abrasión, etc.) (Carter, 2004).

Los cambios del COS (carbono orgánico del suelo) están completamente asociados a los cambios de formas estructurales del suelo y su estabilidad (Kay, 1997). El retorno de residuos orgánicos al suelo tiende a incrementar la proporción de agregados estables en agua. Se ha obtenido una alta correlación entre el contenido de MOS y la estabilidad de los agregados en suelos con textura y contenidos mineralógicos similares (Martí et al., 2001). Chenu et al. (2000) encontró que la MOS (materia orgánica del suelo) asociada a minerales de arcilla provocó un incremento de la hidrofobicidad, característica que permite un incremento de la estabilidad de los agregados al agua. La estabilidad de los microagregados obedece a la adsorción de polisacáridos derivados microbiológicamente, mucigel o mucílagos producidos por raíces de plantas y algunas hifas fúngicas que se encuentran libres u ocluidas, uniones mediante grupos carboxílicos e hidroxilos adheridos a la superficie de partículas minerales arcillosas y puentes de Ca²⁺, de ese modo, la arcilla permanece en un estado floculado o estable (Huang, 2004). Sin embargo, Huang, 2004 señala que la actividad biológica puede tener un efecto desestabilizador de la estructura del suelo al actuar en la

descomposición de los agentes ligantes. La estabilidad de los microagregados previene la desagregación completa del suelo; sin embargo, éstos llegan a ser eventualmente inestables si las reservas orgánicas son agotadas. El objetivo del trabajo fue evaluar cuatro dosis de mucílago de nopal en las propiedades físicas y químicas en suelos arcilloso y arenoso.

Materiales y Métodos

Las unidades experimentales en cajas magenta con capacidad para 400 mL, se les agregó 200 g de suelo, para ambos tipos de suelo (arcilloso y arenoso). El análisis de este trabajo fue cualitativo, por lo tanto no se utilizó diseño experimental ni repeticiones. Se determinaron en laboratorio las constantes de humedad, capacidad de campo (CC) y punto de marchitamiento permanente (PMP). Con los parámetros anteriores, se procedió al cálculo del porcentaje de humedad aprovechable y las cantidades de mucílago para los tratamientos. Se evaluaron cuatro tratamientos. Las cajas magenta se colocaron en una cámara de ambiente controlado Marca Sherer, modelo Cel 3714, a una temperatura de 25 °C y humedad relativa de 40% en el Postgrado de Botánica del Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Para la estabilidad de los agregados en húmedo se empleó el método de Yoder (Martí, 2001). Estabilidad estructural por Kempel y Chepil (1965). Contenido de la materia orgánica por Walkley y Black (1947). Nitrógeno total por semi-micro-kjeldahl. La relación carbono/nitrógeno se obtuvo con las determinaciones correspondientes.

Resultados y Discusión

Distribución del tamaño de partícula

La distribución del tamaño de partícula del suelo, influye en el grado de estructuración, cantidad y movimiento del agua que puede almacenar un suelo y la facilidad de abastecimiento de nutrientes, aire y calor. Si bien, la distribución del tamaño de partícula no es fácil de cambiar, la estructura puede ser alterada para fomentar la formación de agregados de tamaños variables (Lomelí, 1996).

El suelo arcilloso (Fig. 1a); muestra el mayor porcentaje de estabilidad (Es-Est) a los 7 días después de la aplicación de mucílago de nopal, correspondió a T80-20 (51.7%), seguido por T40-60 (40.0%), T10-90 (37.2%) y por último el Testigo (25.9%). A los 14 días se presentó una disminución del porcentaje de Es-Est en cada uno de los tratamientos: T80-20 (27.38%), con T40-60 (26.02%), con T10-90 (24.24%) y Testigo (22.49%). A los 21 días se pudo observar un incremento en la Es-Est de la siguiente forma: el mayor porcentaje para el T40-60 (37.85%), seguido por T80-20 (32.69%), el T10-90(29.08%) y el Testigo (26.05%).

Cuadro 1: Distribución del tamaño de partículas en porcentajes.

SUELO	COMPONENTES			CLASE TEXTURAL
	ARCILLA (%)	LIMO (%)	ARENA (%)	
ARCILLOSO	63.0	18.0	19.0	Arcilloso
ARENOSO	13.0	20.0	67.0	Migajón arenoso

Para el suelo arenoso (Fig. 1b), a los 7 días, el porcentaje de Es-Est de mayor a menor fue: 39.42%, 37.92%, 25.74% y 19.0%, para los tratamientos: T40-60, T80-20, T10-90 y Testigo, respectivamente. A los 14 días se presenta una disminución en los cuatro tratamientos: 32.94%, 28.08%, 23.06%, 18.07% para los tratamientos: T40-60, T80-20, T10-90 y Testigo. A los 21 días se observó una tendencia de incremento, con excepción del testigo que siempre fue a la baja. El aumento fue: 36.97%, 35.59%, 26.19% y 11.84% para los tratamientos T40-60, T80-20, T10-90 y Testigo.

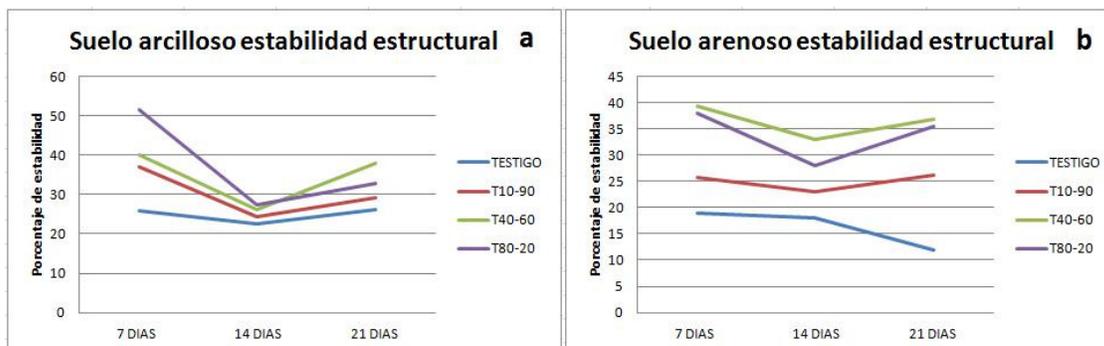


Fig. 1. Estabilidad estructural para suelos: arcilloso(a) y arenoso (b).

El mejoramiento de la estabilidad estructural del suelo se ha obtenido por la adición de materia orgánica al suelo (MOS), Kong et al., 2005; Cosentino et al., 2006, la naturaleza de los materiales orgánicos asociados con cada nivel de agregación, la unión de los paquetes de arcilla para formar microagregados se produce a través de un mecanismo dominante propuesto, implica pegamentos a base de polisacáridos (mucílagos o mucigeles) producidos por las raíces de plantas y microorganismos. Los carbohidratos, como parte de los mucílagos, tienen su origen en los residuos de plantas y animales, gomas extracelulares producidas por microorganismos, son rápidamente disponibles para los microorganismos, mejoran la agregación y la estabilidad estructural de las partículas, como sucedió en los tratamientos con mayor cantidad mucílago de nopal (Cheshire, 1979b).

Contenido de carbono

Suelo arcilloso (Fig. 2a), los mayores contenidos de carbono orgánico se tuvieron en los tratamientos con 10% de mucílago y 90% de agua y con 40% de mucílago y 60% de agua con 1.19% para ambos tratamientos a los siete días. Mientras, que a los 14 días, los mayores porcentajes de carbono fueron para los tratamientos Testigo y con 40% de mucílago y 60% de agua. A los 21 días, el tratamiento con 80% de mucílago y 20% de agua presentó el porcentaje más alto, con 1.26%. Para el suelo arenoso (Fig. 2b) a los 7 días, los tratamiento con 10% de mucílago y 90% de agua y con 40% de mucílago y 60% de agua, el contenido de carbono para ambos fue de 1.19%, siendo el más alto. A los 14 días, los tratamientos Testigo y con 40% de mucílago y 60% de agua presentaron el mayor porcentaje de carbono, con 1.19 para ambos. A los 21 días, el mayor porcentaje fue para el tratamiento con 80% de mucílago y 20% de agua.

El COS está correlacionado por las características químicas y físicas del suelo, MOS, nutrientes y almacenamiento (Lal et al., 2007). El COS está asociado con las partículas finas, en especial la fracción de arcilla (Greene y Tongway, 1989), se modifica la estructura a través de disminución de la densidad aparente, el aumento en proporción de macroagregados (Oades y Aguas, 1991), estabilidad y macroporosidad. El COS tiene un efecto importante en la agregación de las partículas (Follett y Stewart, 1985), existiendo una relación entre tamaño de los agregados. Mientras mayor es el contenido de COS lábil, mayor es el tamaño de los agregados (Buyanovsky et al., 1994).

Los agregados de menor tamaño están asociados a la fracción altamente humificada con período de residencia, mayor a siete años (Buyanovsky et al., 1994). Rothon (2000) encontró una correlación positiva entre el porcentaje de estabilidad de los agregados y el contenido de MOS. Kong et al. (2005) señalaron que la estabilidad de los agregados se incrementa linealmente con la entrada de C vía residuos ($r = 0.75$; $p \leq 0.001$) y con el COS, ($r = 0.63$, $p \leq 0.005$).

Puget et al. (2000) encontraron que los macroagregados estables, son más ricos en C total, en particular en C orgánico joven y propusieron una composición esquemática de agregados en la cual, los macroagregados son formados por el enlace de microagregados a través de la materia orgánica joven(MOJ), misma que está dominada por tejidos de plantas, es responsable de la agregación y

eventualmente, redistribuida en diferentes clases de agregados después de la destrucción y reformación de los macroagregados.

Según Matus (2003) cuando el C se concentra en macroagregados (250 – 2000 μm) el C asociado puede ser temporal debido a que son menos estables que los microagregados. Leggett y Kelting (2006) señalan que además de la protección que ejerce la fracción fina del suelo sobre la MOS, los macroporos de suelos arenosos, crean un ambiente que conduce a una mayor oxidación de la MOS. En contraste, Scott *et al.*, 1996 no han encontrado una relación clara entre la textura y tasa de mineralización. De acuerdo a Plante *et al.* (2006), la textura afecta de manera diferencial la distribución de la MOS, actuando de manera directa e indirecta sobre los distintos mecanismos, la MOS queda protegida de la actividad microbiana, aparentemente contradictorios.

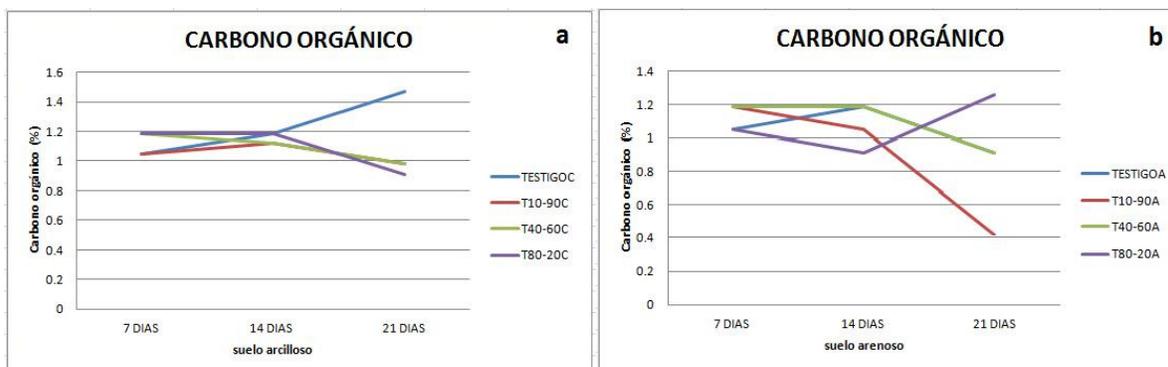


Fig. 2. Carbono orgánico en suelos: arcilloso (a) y arenoso (b).

Nitrógeno total

En suelo arcilloso, a los 7 días (Fig. 3a) fue: el mayor porcentaje para el tratamiento con 80% de mucílago y 20% de agua con 0.15% y los tratamientos con 40% de mucílago y 60% de agua, con 10% de mucílago y 90% de agua y Testigo con los siguientes valores; 0.14, 0.9 y 0.13%. A los 14 días, el mayor porcentaje fue para el tratamiento con 80% de mucílago y 20% de agua, los tratamientos con 40% de mucílago y 60% de agua, con 10% de mucílago y 90% de agua y Testigo con valores; 0.14, 0.14 y 0.12. A los 21 días, el tratamiento con 80% de mucílago y 20% de agua presentó el porcentaje más alto, con 0.17% y los tratamientos con 40% de mucílago y 60% de agua, con 10% de mucílago y 90% de agua y Testigo con 0.14%.

En suelo arenoso (Fig. 3b), el mayor porcentaje correspondió al tratamiento con 40% de mucílago y 60% de agua con un valor de 0.14, siguiéndole en orden descendente los tratamientos con 10% de mucílago y 90% de agua, Testigo y con 80% de mucílago y 20% de agua, cuyos valores fueron; 0.13, 0.13 y 0.11. A los 14 días los tratamientos con 10% de mucílago y 90% de agua y con 80% de mucílago y 20% de agua presentaron los porcentajes más altos de 0.13, mientras que los tratamientos con 40% de mucílago y 60% de agua y testigo con valores de 0.11 y 0.10. A los 21 días, el tratamiento con 10% de mucílago y 90% de agua tuvo el porcentaje más alto, de 0.25, mientras que los tratamientos con 80% de mucílago y 20% de agua, con 40% de mucílago y 60% de agua y el testigo con los siguientes valores: 0.16, 0.13 y 0.13. La absorción de compuestos orgánicos nitrogenados por minerales arcillosos los protege de la descomposición. El N de suelos de textura fina y gruesa es mayor en la primera y arcillas del tipo montmorillonita reduce la tasa de mineralización de proteínas y otros compuestos nitrogenados por microorganismos proteolíticos. Nitrógeno no lábil está presente principalmente en sustancias húmicas, que desempeñan un papel importante en la formación de la estructura. Tarchitzky *et al.* (2000) han sugerido que la distribución de sustancias húmicas (ácidos húmicos y fúlvicos) en los agregados, es un resultado de los revestimientos originados por éstas. En contraste, Piccolo *et al.* (1997) mostraron que los ácidos húmicos pueden estar adsorbidos sobre las partículas de arcilla y cationes polivalentes, en contenido alto de carbonato, además incluidos dentro de los agregados.

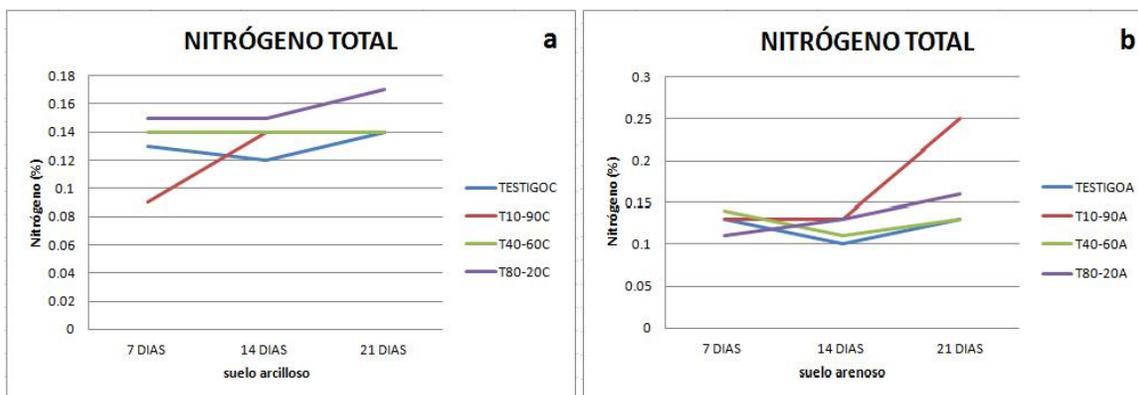


Fig.3. Nitrógeno total en suelos: arcilloso (a) y arenoso (b).

Relación carbono/nitrógeno

Suelo arcilloso (Fig. 4a), a los siete días el tratamiento con mayor relación C/N fue con 10% de mucílago y 90% de agua con 11.66, seguido por el tratamiento con 40% de mucílago y 60% de agua, el testigo y por último el con 80% de mucílago y 20% de agua; con valores de C/N de 8.49, 8.08 y 7.93. A los 14 días, la relación C/N más alta fue para el testigo, mientras que para los tratamientos con 10% de mucílago y 90% de agua, con 40% de mucílago y 60% de agua y con 80% de mucílago y 20% de agua sus valores fueron similares con una relación C/N de 7.99. A los 21 días, la mayor relación C/N siguió siendo para el Testigo, para los tratamientos con 10% de mucílago y 90% de agua, con 40% de mucílago y 60% de agua y con 80% de mucílago y 20% de agua sus valores disminuyeron a 7.00, 7.00 y 5.36. La tendencia general es una disminución de la relación C/N en los tratamientos con diferentes dosis de mucílago, a diferencia del Testigo, que en los tres muestreos mostró un incremento en la relación C/N. La estabilización del carbono orgánico puede ser a través de tres vías; la estabilización física, se da por la formación de barreras físicas entre microorganismo, enzimas y exudados que controlan las interacciones de la red alimenticia (Elliott y Coleman, 1988).

La estabilización química es el resultado de la unión química o físico-química entre el COS y los minerales (arcilla y limo) y la estabilización bioquímica, debida a compuestos recalcitrantes como lignina y polifenoles a través de procesos complejos (Christensen, 1992). Relacionado con lo anterior, el tipo de MOS está estrechamente relacionada con los resultados anteriores, se han clasificado los agentes cementantes en tres grupos: transitorios, temporales y persistentes (Boix-Fayos, 2001). Los transitorios son materiales orgánicos, que se descomponen rápidamente por los microorganismos: el grupo más importante son los polisacáridos, el efecto puede durar semanas.

El nivel de M.O. es proporcional al contenido de nitrógeno (N). La relación C/N de la materia orgánica generalmente cae en el rango de 10 a 12, aunque valores mayores no son inusuales (Stevenson, 1984). Mayor es la relación C:N más grande es el período de inmovilización neta, menor es la relación C:N, se realiza la mineralización del nitrógeno (Stevenson, 1982). El cambio de la relación C:N, puede utilizarse como guía para determinar el intervalo entre la incorporación de los residuos orgánicos y el siguiente cultivo. Debe evitarse la competencia por el nitrógeno entre los microorganismos y el cultivo, al presentarse, es aconsejable aplicar algún fertilizante nitrogenado para reducir la relación C:N y el período de inmovilización (Stevenson, 1982).

Suelo arenoso (Fig. 4b), a los siete días, la relación C/N de 9.54 fue la más alta y correspondió al tratamiento con 80% de mucílago y 20% de agua, seguida por los tratamientos con 10% de mucílago y 90% de agua, con 40% de mucílago y 60% de agua y testigo, con relaciones C/N de 9.15, 8.49 y 8.08. A los 14 días, el testigo y el tratamiento con 40% de mucílago y 60% de agua incrementaron sus relaciones C/N con valores de 11.89 y 10.81, a diferencia de, los tratamientos con 10% de mucílago y 90% de agua y con 80% de mucílago y 20% de agua con una disminución de sus relaciones C/N. A los 21 días la relación C/N disminuyó para los cuatros tratamientos. Los valores fueron: 7.87, 7.00,

1.67 y 7.00, para los tratamientos con 80% de mucílago y 20% de agua, con 40% de mucílago y 60% de agua, con 10% de mucílago y 90% de agua y testigo. La tendencia general de la relación C/N es una disminución en cada uno de los tratamientos utilizados en suelo arenoso, lo cual puede estar relacionado con la cantidad de mucílago de nopal aplicado y la textura, como lo menciona Hassink (1996) la agregación y textura determinan indirectamente el nivel de carbono y nitrógeno retenidos por suprimir la actividad biológica. Además, Schimel et al. (1994) hicieron mención que los suelos con alto contenido de arena, suelen presentar velocidades más altas de mineralización y niveles más bajos de carbono orgánico, los mecanismos de protección son reducidos o se encuentran ausentes. Aparte de la protección física del carbono orgánico se da a través de la agregación y reduce la accesibilidad de los microorganismos y enzimas a los compuestos orgánicos, también existe la protección química, dada por la formación de complejos órgano-minerales. Las diferencias en las velocidades de descomposición y cantidades de carbono orgánico en varios suelos texturizados han sido atribuidas a diferencias en la protección física del COS, residuos de cultivos adicionados, se descomponen más rápidamente en arenosos que arcillosos por lo tanto, éstos últimos la protección es mayor (Ladd *et al.*, 1985). Es bien sabido que suelos arcillosos retienen más MOS que los arenosos, a pesar de haber sido sometidos al mismo aporte de MO (Hassink, 1996). Estas diferencias resultan de la mayor protección de la MOS contra la biodegradación (Van Veen y Kuikman, 1990).

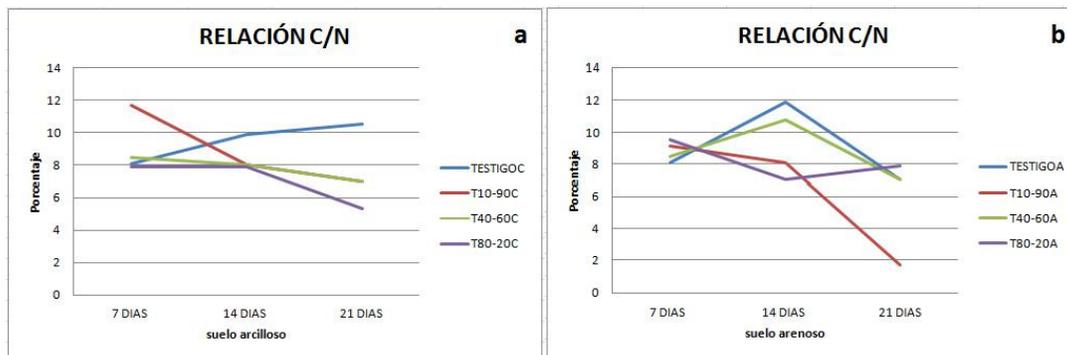


Fig. 4. Relación carbono/nitrógeno en suelos: arcilloso(a) y arenoso(b).

Conclusiones

Suelo arcilloso

El tratamiento con 80% de mucílago y 20% de agua, presentó los valores más altos en la estabilidad de los agregados, en los tamaños; >4.76, 3.36, 2.0, 1.0 y 0.5 mm. De igual manera, el tratamiento con 40% de mucílago y 60% de agua en los tamaños de agregados >4.76, 1.0 y 0.5 y 0.25 mm. Mientras, que el tratamiento con 10% de mucílago y 90% de agua solamente en el tamaño 0.5 mm. Asimismo, tenemos que del primer muestreo al tercero, la estabilidad de los agregados disminuye. Además, se presenta la tendencia de que a mayor tamaño de agregados, menos estabilidad estructural. Para estabilidad estructural y contenido de carbono orgánico el mejor tratamiento fue con 80% de mucílago y 20% de agua. Mientras, que el testigo solamente en el contenido de carbono orgánico. En cuanto al contenido de N total, el tratamiento con 80% de mucílago y 20% de agua presentó los valores más altos en los tres muestreos realizados. Por último en la relación C/N, el mejor tratamiento fue el testigo.

Suelo arenoso

La estabilidad de agregados, el tratamiento con 40% de mucílago y 60% de agua con los valores más altos en agregados >4.76, 3.36, 2.0, 1.0, 0.5 y 0.25. Seguido por el tratamiento con 80% de mucílago y 20% de agua en tamaño de agregados >4.76, 3.36, 2.0, 1.0, 0.5. Por último, el tratamiento con 10% de mucílago y 90% de agua con el más alto solamente en el agregado >4.76. Se presenta la misma tendencia que el arcilloso, a mayor tamaño de agregado menor estabilidad y viceversa a

menor tamaño de agregado más estabilidad. En las propiedades estabilidad estructural y contenido de carbono orgánico el mejor tratamiento fue el de 40% de mucílago y 60% de agua. En cuanto al contenido de nitrógeno total, el mejor tratamiento fue el de 10% de mucílago y 90% de agua, mientras que para la relación carbono/nitrógeno fue el tratamiento con 80% de mucílago y 20% de agua.

Bibliografía

- Boix-Fayos, C., Calvo-Cases, A., Imeson, A. C. y Soriano-Soto, M. D. 2001. Influence of soil properties on the aggregation of some Mediterranean soils and the use of aggregate size and stability as land degradation indicators. *Catena*44:47-67.
- Buyanovsky G.A., Aslam M., Wagner G.H., 1994. Carbon turnover in soil physical fractions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58, 1167-1173.
- Carter, M.R. 2004. Researching structural complexity in agricultural soils. *Soil and Tillage Research*.
- Chenu, C., Y. Le Bissonnais y D. Arrouays. 2000. Organic matter influence on clay wetter influence on clay wettability and soil aggregate stability. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 1479-1486.
- Christensen, B. T. 1992. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. *Adv. Soil. Sci.* 20: 1-89.
- Cosentino, D., Chenu, C. and Le Bissonnais, Y. 2006. Aggregate stability and microbial community dynamics under drying-wetting cycles in a silt loam soil. *Soil Biol. Biochem.* 38: 2053-2062.
- Elliott, E. T. and Coleman, D. C. 1988. Let the soil work for us. *Ecological Bulletins* 39:23-32.
- Greene RSB, Tongway DJ (1989). The significance of (surface) physical and chemical properties in determining soil surface condition of red earths in rangelands. *Aust J Soil Res* 27:213–225
- Hassink, J. 1996. Preservation of plant residues in soils differing in insaturated protective capacity. *SSSAJ*, 60:487-491
- Huang, P. M. 2004. Soil mineral-organic matter-microorganism interactions: fundamentals and impacts. 82: 391-472 *En: D. Sparks (Ed.). Advances in Agronomy Academic Press. New York.*
- Kay, B. D. 1997. Soil structure and organic carbon: a review p. 169-197. *En: R. Lal, J. M. Kimble. R. F. Follet, B. A. Stewart (Eds.). Soil Processes in the Carnon Cycle. CRC. Press. New York.*
- Kong, A. Y. Y, Six, J., Bryant, D. C., Ford Denison, R. van Kessel, C. 2005. The Relationship between Carbon Input, Aggregation, and Soil Organic Carbon Stabilization in Sustainable Cropping Systems. *Soil Sci Soc Am J.* 69:1078-1085.
- Ladd, J. N.; Amato, M. and Oades, J. M. 1985. Decomposition of plant material in Australian soil III. Residual organic and microbial biomass C and N from isotope-labelled legume material and soil organic matter, decomposing under field condition. *Aust. J. Soil. Res.* 22: 331-341.
- Lal R, Follett RF, Stewart BA, Kimble JM (2007) Soil carbon sequestration to mitigate climate change and advance food security. *Soil Sci* 172:943–956.
- Leggett, Z. H.; Kelting, D. L. 2006. Fertilization effects on carbon pools in loblolly pine plantations on two upland sites. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70: 279-286.
- Lomelí, V. G. 1996. Cambios antropogénicos de los vertisoles de la cuenca del arroyo UCUM, Quintana, Roo. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 228 p.
- Martí, c., J. Badia y M. A. Buesa. 2001. Determinación de la estabilidad estructural de suelos del Alto Aragón por tamizado en húmedo y lluvia simulada *Edafología, Sociedad Española de la Ciencia del suelo vol. 8-2:21-30.*
- Matus, F. 2003. Enrichment of carbon in particles-size separates of soils with different land-use management. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal* 3 (1): 29-36.
- Oades JM, Waters AG (1991) Aggregate hierarchy in soils. *Aust J Soil Res* 29:815–828
- Piccolo, G. A., R. A. Rosell y J. A. Galantini. 1997. Estabilidad de los agregados de un suelo rojo laterítico virgen y cultivado. Misiones, Argentina. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Cerro Azul, Argentina. 16 pp.
- Plante, F. A.; Conant, R. T.; Stewart, C. E.; Paustian, K.; Six, J. Porta-Casanellas, J., M. López-Acevedo Regurín y C. Roquera de Laburu. 1999. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 2a. ed. Mundi-Prensa. Madrid. 849 pp.*
- Puget P, Chenu C, Balensdent J (2000) Dynamics of soil organic matter associated whit particle-size fractions of water-stable aggregates. *Eu. J. Soil Sci.* 51 (4): 595-601.
- Rothon, F.E., 2000. Influence of Time on Soil Response to No-Till Practices. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64, 700–709.
- Schimel, D. S., B. H. Braswell, E. A. Holland, R. Mckeown, D. S. Ojima, T. H. Painter, W.J. Parton, and A. R. Townsend. 1994. Climatic, edaphic, and biotic controls over storage and turnover of carbon in soils. *Global Biogeochem. Cycles* 8, 279-293.
- Scott, N. A.; Cole, C.; Elliott, E. T.; Huffman, S. 1996. Soil textural control on decomposition and soil organic matter dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60: 1102-1109.
- Sepulveda, E., Sáenz, C., Align, E., and Acetone, C., 2007. Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp. *Journal of Arid Environments* 68: 534- 545.
- Stevenson, F. 1982. *Humus chemistry: génesis, composition, reactions.* New York: Wiley. 1982. 442 p.
- Tarchitzky, J., Hatcher, P.G., Chen, Y. 2000. Properties and distribution of humic substances and inorganic structure-stabilizing components in particle-size fractions of cultivated Mediterranean soils. *Soil Sci.* 165, 328–342.
- Ting Irwin, P., 1997. Carbohydrate Metabolism in Cacti: Gums and Mucilage. *J. PACD*, 2: 7-12.
- Van Veen, J. A. and Kuikman, P. J. 1990. Soil structural aspects of decomposition of organic matter by micro-organisms. *Biogeochemistry* 11: 213-233.

MICROBIOLOGÍA, ACTIVIDADES ENZIMÁTICAS Y SUBSTANCIAS HÚMICAS EN LA BIOTRANSFORMACIÓN DE RESÍDUOS

Quintero Lizaola, R.^{1*}

¹Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México. México.

*Quintero-Lizaola Roberto: quintero@colpos.mx; Calle Carretera México- Texcoco km 36.5 Núm. s/n, Col .Montecillo, Texcoco, Estado de México. México. CP 56230; Tel. +52(595)-9520274-1275

Resumen

El objetivo de este trabajo fue estudiar las poblaciones microbianas, actividades enzimáticas y cuantificación de sustancias húmicas (SH) durante el compostaje y vermicompostaje (*Eisenia andrei* Bouché) en paja de avena subproducto de producción de cuerpos fructíferos del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. Se estudió la influencia del tamaño de paja: molida (<2mm) y picada (<4mm), en las evaluaciones microbianas, enzimáticas y SH de los procesos de compostaje y vermicompostaje. Se muestreó a 23, 46, 69, 92, 115 y 148 días de la incorporación de lombrices (*Eisenia andrei*) en vermicompost comparados con sus compost correspondiente sin lombrices. En cada muestreo se midió la actividad enzimática; del ciclo del carbono (amilasa, celulasa, lipasa e invertasa) del ciclo del N (proteasa, amidasa, ureasa y nitrogenasa) del ciclo del fósforo (fosfatasa ácida y alcalina) y del ciclo del azufre (arilsulfatasa) y deshidrogenasa. La calidad del vermicompost y compost se evaluó con las fracciones de los ácidos húmicos (AH) y fúlvicos (AF). La separación se hizo con el método de Kononova y Belchikova. Se analizaron y determinaron por métodos físicos y químicos: color, carbono (Walkley y Black), grupos funcionales con espectroscopia infrarroja.

Palabras clave: Biotransformaciones microbianas; dinámicas enzimáticas; sustancias húmicas

Introducción

La lombriz compostera *Eisenia andrei* (Bouche) está incluida entre las biotecnologías de la agricultura orgánica y agricultura convencional, para incrementar el rendimiento de los cultivos. El residuo de paja que queda después de cosechar los hongos (*Pleurotus ostreatus*) puede utilizarse para alimentarla. Durante el proceso de vermicompostaje se generan compuestos bioactivos importantes para los procesos bioquímicos y reguladores de los suelos, como las enzimas amilasa, celulosa, lipasa, invertasa, proteasa, amidasa, ureasa, monoestereasa (fosfatasa ácida y alcalina), arilsulfatasa y deshidrogenasa. Además, se generan distintos tipos de antibióticos, vitaminas, hormonas y sustancias húmicas (ácidos húmicos, fúlvicos y huminas), de alto valor para la nutrición vegetal. Su aplicación puede contribuir al aprovechamiento y reciclaje productivo de estos desechos orgánicos y promover una utilización sostenible del suelo, en armonía con la naturaleza.

Materiales y Métodos

En cajas de plástico de 20 x 31 x 13 cm, se colocó paja de avena, en la que se había cultivado *Pleurotus ostreatus*, picada (<2mm) y molida (<4mm) y se humedeció al 80%. Al día siguiente, se colocaron 200 lombrices (*Eisenia andrei* (Bouché) cliteladas por caja. Posteriormente se muestrearon a 23, 46, 69, 92 y 115 días después de la inoculación con las lombrices. Además, se colocó un tratamiento al que no se agregó lombriz. La humedad se reguló en 75 a 85% de la capacidad de campo y la temperatura entre 25 y 30°C. La dinámica de los grupos microbianos: bacterias, actinomicetos y hongos mediante unidades formadoras de colonias (ufc), desarrolladas después de los lapsos en que se muestreó, se evalúa con medios conocidos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Medios de cultivo, tiempo de incubación y formas de identificación empleados en la cuantificación de los grupos microbianos estudiados.

Grupo microbiano	Medio de cultivo	Tiempo de incubación (días)	Método de identificación
Grandes grupos microbianos			
‡Bacterias totales	Agar nutritivo	3-5	Morfología típica
‡Hongos totales	Medio de Martín	5-7	Morfología típica
‡Actinomicetos	Agar- Czapeck	7-10	Morfología típica
Grupos microbianos con actividad fisiológica específica			
†Amilolíticos	Almidón	14	Lugol
†Amonificantes	Peptona gelatina	14	Nessler
‡Celulolíticos	Carboximetil-celulosa	7-10	Rojo congo y NaCl
‡Desnitrificantes	Caldo nutriente + KNO ₃	14	Producción de gas y difenilamina
‡Fijadores de N ₂ de vida libre	Carbono combinado	3-5	Morfología típica
‡Ligninolíticos	Ácido tánico	21	Morfología típica
‡Lipolíticos	Agar-Tween- 80	2-7	Morfología típica
†Proteolíticos	Agar-gelatina	14	Licuefacción
Nitrificantes			
†Nitrito-oxidantes	NH ₂ +sales minerales	21	Viraje de indicador
†Amonio- oxidantes	NH ₄ +sales minerales	21	Viraje de indicador

†NMP: Grupos microbianos evaluados por el número más probable (NMP).

‡ ufc (unidades formadoras de colonias) cuantificadas en placas de agar.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con los tratamientos: paja molida con lombriz (PMCL), paja molida sin lombriz (PMSL); paja picada con lombriz (PPCL) y paja picada sin lombriz (PPSL). Las muestras se colectaron en los períodos señalados, de la siguiente manera: bajo condiciones asépticas, al azar, con una espátula acanalada, 10 submuestras del vermicompost y compost de cada caja y se preparó una muestra compuesta.

Se tomaron 10 g homogéneos de cada muestra compuesta en condiciones asépticas y se realizaron diluciones decimales seriadas en agua destilada estéril. Con una alícuota de 0.1 mL de diluciones (de 10⁻³ a 10⁻⁷), se inocularon placas (por quintuplicado) con los medios de cultivo específicos para cada grupo (Cuadro 1).

En el caso de los microorganismos amilolíticos, proteolíticos, amonificantes, nitrificantes (amonio oxidante y nitrito oxidante) y desnitrificantes, la evaluación se realizó mediante la técnica del número más probable (NMP).

En la técnica usada se inoculó 0.1 mL de diluciones seleccionadas de la muestra a analizar, en tubos, con medio de cultivo específico por quintuplicado y se incubaron de acuerdo con la mayor expresión de cada grupo microbiano a 28 °C. El NMP se obtuvo interpolando el número característico, obtenido a través de reacciones de identificación correspondientes de cada grupo microbiano, en la tabla de números más probables de Cochran (1950), para cinco tubos por dilución (Alexander, 1982). Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y a las medias de los tratamientos a una prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Se emplearon los procedimientos incluidos en el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 1998). La separación de las fracciones de AH y AF a partir de las muestras de compost y vermicompost, se hizo por medio del método de Kononova y Belchikova (1961). En este procedimiento se utilizan álcalis y ácidos diluidos como NaOH 0.1 M Na₄P₂O₇ 0.1 M (pirofosfato de sodio). Los espectros de infrarrojo (IR) se obtuvieron preparando pastillas de 1 g, que contenían 99% de KBr y 1% de la muestra (Stevenson, 1994).

Cuadro 2. Metodologías empleadas en la cinética de las enzimas participantes en el ciclo del carbono, nitrógeno, fósforo, azufre y la deshidrogenasa.

Enzima	Sustrato	Condiciones de incubación			Producto
		Amortiguador	Temperatura	Tiempo	
Ciclo del carbono					
Amilasa (EC 3.2.1.)	Almidón	Fosfatos pH 5.5	37 °C	24 h	Azúcares reducidos
Celulasa (EC 3.2.1.4.)	Carboximetil celulosa	Acetato 2M pH 5.5	50 °C	24 h	Azúcares reducidos
Lipasa (EC 3.1.1.3)	4-metil umbeliferona (4-MU)	Tris 0.1 M pH 7.5	30 °C	10 min	4metil umbeliferona heptanoato (4-MUH)
Invertasa (EC 3.2.1.26)	Sacarosa 20%	Acetato 2 M pH 5.5	37 °C	24 h	Azúcares reducidos
Proteasa (EC 3.4.23.2.)	Caseinato de sodio	Tris 50 mM pH 8.1	50 °C	2 h	Tirosina
Amidasa (EC 3.5.1.4)	Formamida	Tris H ₂ SO ₄	37 °C	2 h	N-NH ₄
Ureasa (EC 3.5.1.5)	Acetamida Propionamida Solución de urea 200 mM	0.1M pH 8.5 Tris hidroximetil amino metano 50 mM pH 9.0	37 °C	2 h	N-NH ₄
Nitrogenasa (EC 1.7.99.2)	Acetileno		25 a 30 °C	24 h	Etileno
Ciclo del fósforo					
Fosfatasa ácida (EC 3.1.3.2)	Difenilfosfato de sodio	Acetato pH 5	37 °C	3 h	Fenol
Fosfatasa alcalina (EC 3.1.3.1)	Difenilfosfato de sodio	Borato pH 10	37 °C	3 h	Fenol
Ciclo del azufre					
Arilsulfatasa (EC 3.1.6.1)	p-nitrofenol sulfato	Acetato 0.5 M pH 5.8	37 °C	1 h	p-nitrofenol
Deshidrogenasa EC 1.2.1.12)	Cloruro 2, 3, 5-Trifeniltetrazolio (TTC)	Tris HCl 100 mM	30 °C	24 h	Trifenil formazán TPF

Resultados y Discusión

Actividad enzimática del ciclo del C

La dinámica de actividad de las enzimas amilasa, celulasa, lipasa e invertasa, se presentan en la Figura 4, éstas tuvieron una caída en los últimos dos muestreos. En los primeros 46 días de incubación la actividad de la amilasa fue la misma en todos los tratamientos, sin embargo, se incrementó casi al triple en el muestreo hecho a los 69 días en los tratamientos en que se adicionó lombriz. En contraste, los sin lombriz presentaron un pequeño incremento en ese mismo lapso, que continuó con una tasa similar hasta el día 148 (Hofmann y Hormann, 1955). En los tratamientos con lombriz, la actividad media de la amilasa en los seis muestreos en la PM fue de 46.2 y la PP fue de 47.7 mg de az. red. 10 g⁻¹ de materia seca 24 h⁻¹, más elevada que los tratamientos que no tuvieron lombriz, la PM de 39 y la PP de 41 mg de azúcares reductores • 10 g⁻¹ materia seca • 24 h⁻¹. La actividad de la celulasa presenta un máximo a los 46 días de haber incorporado la lombriz en la PP y PM y en los tratamientos que no presentaron lombriz fue menor. La media de la actividad celulasa en los tratamientos correspondientes a PM y PP entre los seis muestreos fue de 36.0 y 35.3 µg de

glucosa . g-1 de materia seca . 24 h-1 (Figura 4). Los contenidos de humedad mantenidos durante el experimento y la temperatura afectaron la actividad hidrolítica de la enzima (Marsden y Gray, 1986). Kshattriya *et al.*, (1992) observaron que el tamaño de paja influye significativamente en la degradación de la celulosa.

Actividad enzimática del ciclo del N

Las enzimas proteasa, amidasa, ureasa y nitrogenasa (Figura 5) presentaron una caída conforme aumentan los muestreos. La proteasa presenta una actividad máxima a 23 días y disminuye paulatinamente conforme se muestreó. Se observó que los tratamientos con mayor actividad de proteasa fueron los que tenían lombriz, el valor medio de la PM fue de 126.17 y la PP de 102.5 en comparación de los mismos tamaños de paja, sin lombriz fue 87.17 y 79.17 $\mu\text{g eq. Tirocina} \cdot \text{g}^{-1} \text{M. S.} \cdot 24 \text{ h}$, 31 y 23% menor respectivamente que los que presentaron lombrices (Figura 5). Esta actividad por las condiciones que se mantuvieron en el transcurso del experimento, entre 25 y 30 μC y el pH de 8.4, parecidos a los óptimos (Mayaudon *et al.*, 1975). Se observa que conforme aumentó el periodo de las compost y vermicompost, disminuyó la proteasa, lo cual está de acuerdo con los resultados obtenidos por Perucci (1990), Perucci (1992) y Nannipieri *et al.*, (1990a).

La amidasa presentó una disminución de actividad más suave, siendo más alta en los tratamientos con lombrices que en aquéllos sin lombrices, y una actividad media en los primeros con PM de 1.84 y PP 1.71 en comparación y en el orden del tamaño de la paja empleada de 1.50 y 1.17 mg de N – NH4 $\cdot \text{g}^{-1}$ materia seca – 2 h-1 en un 18% y 32% menor respectivamente, concordando a los resultados de Frankenberger y Tabatabai (1981a y b) en cuanto a comportamiento de actividad enzimática (Figura 5). La ureasa presentó disminución ligera en los tiempos muestreados, lo cual fue menor a 148 días en los cuatro tratamientos con lombriz, comparados con aquellos sin lombriz (Figura 5). Las medidas de la actividad enzimática en los tratamientos con lombriz fueron PM de 0.46, PP de 0.43 y en los tratamientos sin lombriz, con el mismo tamaño de paja de 0.37 y 0.29 mg de N – NH4 g-1 materia seca $\cdot 2 \text{ h}^{-1}$ respectivamente con 19% y 32% menor de actividad enzimática. Es importante señalar que la ureasa es estable en este tipo de sustrato (Fenn *et al.*, 1992). En los procesos anteriores están involucradas enzimas tales como las amilasas, proteasas, quitinasas, celulasas, amidasas, ureasas. (Edwards y Fletcher, 1988) (Figura 5). La evaluación realizada nos indicó que en tracto digestivo de la lombriz se encuentran los microorganismos con la enzima nitrogenasa (Sinek y Pizl, 1989). La actividad de la proteasa disminuye fuertemente conforme las compost y vermicompost tienen mayor tiempo de incubación (Frankenberger y Tabatabai, 1981; Serra-Wittling, 1995) (Figura 5).

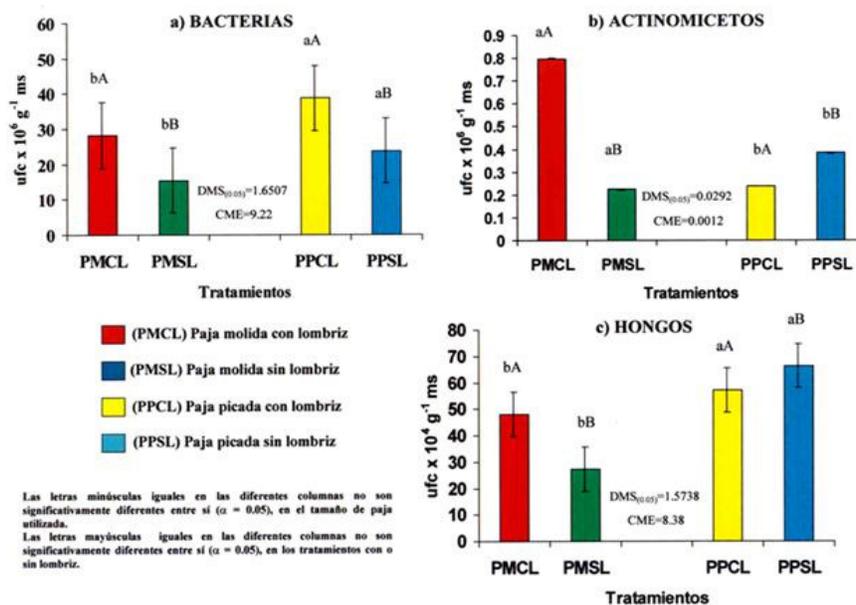


Figura 1. Microorganismos totales: a) bacterias, b) actinomicetos y c) hongos en compost y vermicompost derivados de la paja de avena, subproducto del cultivo de *Pleurotus ostreatus* y su análisis estadístico.

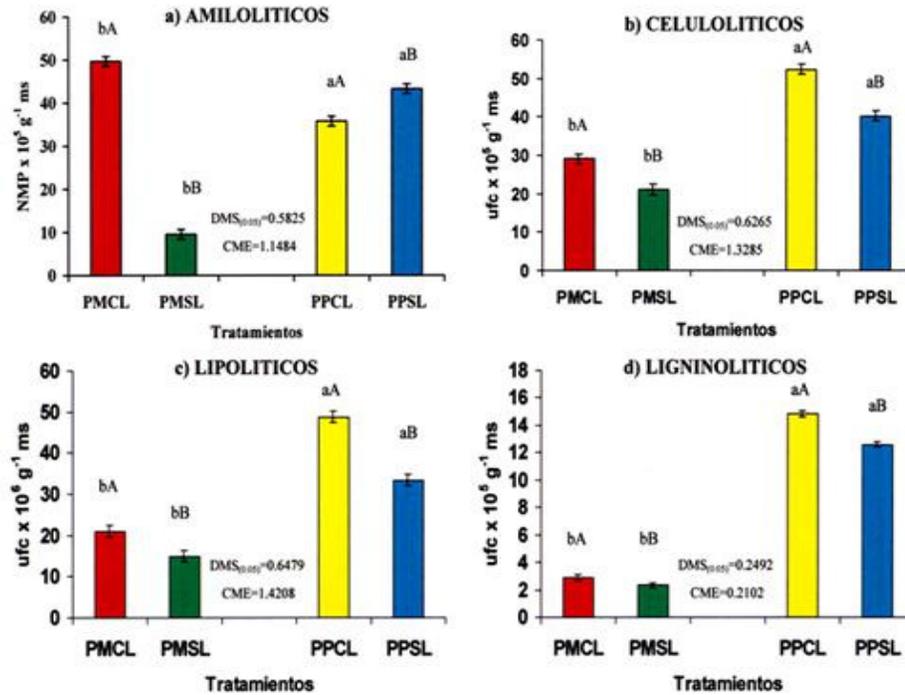


Figura 2. Microorganismos del ciclo del carbono: a) amilolíticos, b) celulolíticos, c) lipolíticos y d) ligninolíticos en compost y vermicompost derivados de la paja de avena, subproducto del cultivo de *Pleurotus ostreatus* y su análisis estadístico.

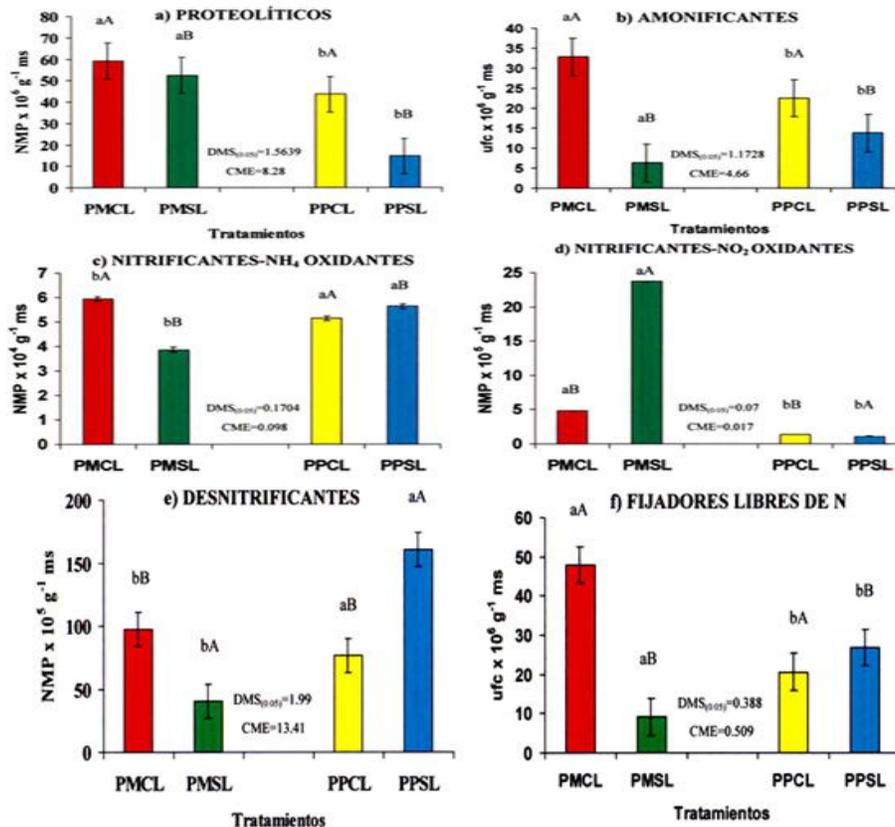


Figura 3. Microorganismos del ciclo del nitrógeno: a) proteolíticos, b) amonificantes, c) nitrificantes NH₄-oxidantes, d) nitrificantes NO₂-oxidantes, e) desnitrificantes y f) fijadores libres de N, en compost y vermicompost derivados de la paja de avena, subproducto del cultivo de *Pleurotus ostreatus* y su análisis estadístico.

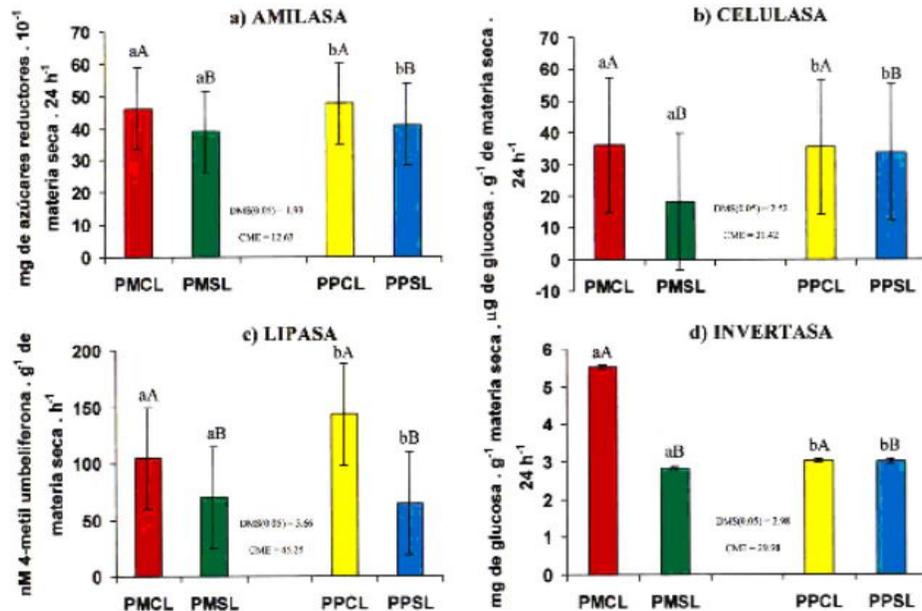


Figura 4. Actividad enzimática del ciclo del carbono: a) amilasa, b) celulasa, c) lipasa e d) invertasa en compost y vermicompost derivados de la paja de avena, subproducto del cultivo de *Pleurotus ostreatus* y su análisis estadístico.

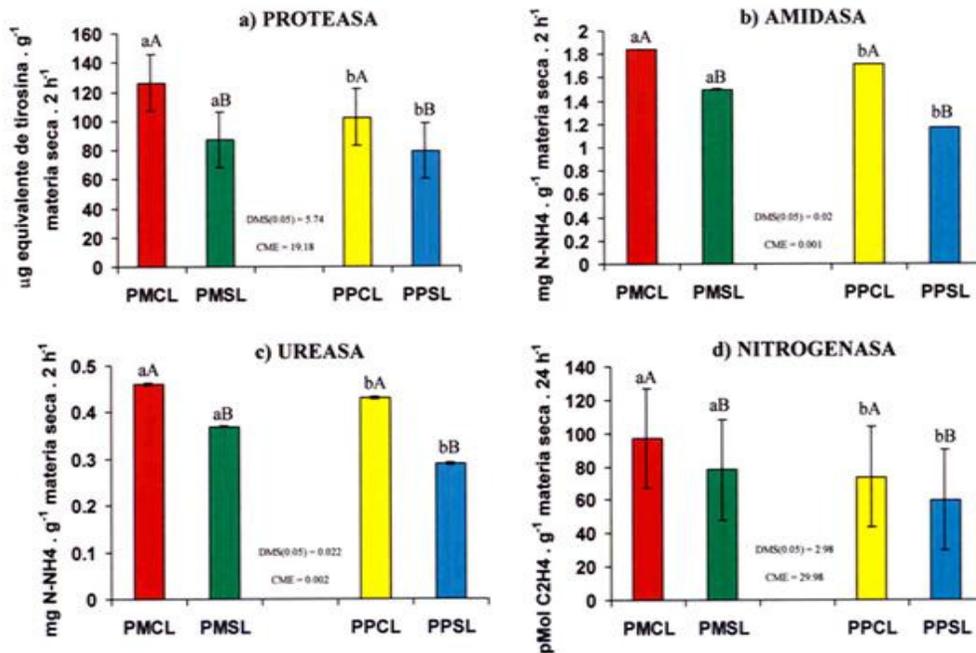


Figura 5. Actividad enzimática del ciclo del nitrógeno: a) proteasa, b) amidasa, c) ureasa y d) nitrogenasa en compost y vermicompost derivados de la paja de avena, subproducto del cultivo de *Pleurotus ostreatus* y su análisis estadístico.

Actividad enzimática de la deshidrogenasa

Esta enzima se ha utilizado para calcular la actividad microbiana total en los procesos de mineralización, y se ha encontrado que presenta una buena correlación con otros métodos, como el de la respiración de suelo (Frankenberger y Dick, 1983).

En el caso de la evolución de su actividad en los procesos de vermicompostaje y compostaje, se observó que fue mayor en los tratamientos con lombriz, PM de 1.48 y PP de 1.50 y sin lombrices de 1.24 y 1.16 $\mu\text{g TPF}^- \cdot \text{g}^{-1}$ materia seca $- 24 \text{ h}^{-1}$, 16% menor en la PM y 22% en la PP (Figura 6). Lo anterior nos muestra del uso de esta enzima sobre la actividad biológica de los sustratos como vermicompostaje y suelo (Dick, 1997).

Actividad enzimática del ciclo del P

El P en las compost y vermicompost está conformado por la fracción orgánica, las cuales pueden contribuir en diferentes proporciones a la nutrición de la planta. (Sylvia *et al.*, 1999). Por lo antes indicado, se determinó la actividad enzimática de la fosfatasa ácida y la alcalina –fosfomonoesterasa– (Figura 6). En el caso de la primera, los valores medios en los tratamientos con lombriz fueron en la PM de 0.36 y la PP de 0.23 y en los que no se incluyó la lombriz fue de 0.17 y de 0.18 $\text{mg } p\text{-nitrofenol} \cdot \text{g}^{-1}$ de materia seca $\cdot \text{h}^{-1}$, siguiendo el orden de tamaño de la paja, respectivamente. Se observó que en los tratamientos con lombriz la actividad enzimática de la fosfatasa ácida se incrementó en 53% en la PM y en 22% en la PP. En trabajos realizados por Satchell y Martin (1984) en los que se midió la actividad fosfatasa (ácida y alcalina) en vermicompost con residuo de papel y cuatro especies de lombrices incluyendo *Eisenia andrei*, atribuyendo a la actividad microbiana del tracto digestivo de la lombriz. En otro trabajo de Satchell *et al.* (1984) se estimuló la producción de la fosfatasa ácida microbiana por la actividad de *Eisenia foetida* y *Sendrobaena sububicunda*. Es importante señalar que la actividad de la fosfatasa alcalina fue mayor, comparada con la ácida, y se atribuye a que las especies composteras como *Eisenia andrei* presentan glándulas calcíferas de Morren que excretan Ca (Edwards y Fletcher, 1988).

Actividad enzimática del ciclo del azufre

Debido a la participación del S en diferentes reacciones y procesos en la planta, su deficiencia induce varios desordenes metabólicos (Sylvia *et al.*, 1999). La actividad de la arilsulfatasa, medida en las vermicompost y compost (Figura 6) como parte de la evaluación en el reciclaje de la paja de avena, subproducto del cultivo del *Pleurotus ostreatus*, mostró una tendencia a incrementarse en el último muestreo realizado a 148 días, en los cuatro tratamientos evaluados. En los que se utilizó la PM con lombriz, la actividad media fue de 0.17 y sin lombriz 0.08, en la PP con lombriz de 0.14 y en la compost de 0.07. En el caso de la PM, la lombriz incrementó 53% y en la PP 50%, influyendo, además, el tamaño de la paja en dicha actividad. Según Klose y Tabatabai (1999), esta enzima se ve influida por la biomasa microbiana y la lombriz empleada (*Eisenia andrei*).

Las cantidades de ácidos húmicos liofilizados a 23, 46, 69, 92, 115 y 148 días después de la incorporación de lombrices (*Eisenia andrei*) en vermicompost preparadas con paja molida (PM) y picada (PP) de avena, subproducto de la producción comercial de hongo *Pleurotus ostreatus*, comparados con sus compost correspondientes sin lombrices, se observan en el Cuadro 3. La producción de ácidos húmicos fue más alta en los tratamientos con PM con respecto a los de la PP, a los que se les agregaron lombrices. Esta cantidad varió de 21 a 23 días de muestreo después de haber incorporado lombrices y a 148 días de 12.3 mg de ácidos húmicos por 10 g de materia seca teniendo 45% más alto con respecto a los de la PP en el mismo periodo. En el caso de los tratamientos de la paja molida y la paja picada sin lombrices, la producción de los HA liofilizados fue más alta en el tratamiento con paja molida comparada con la paja picada.

Con las observaciones realizadas a los 23, 46, 69, 92, 115 y 148 días después de incorporada la lombriz en los tratamientos que la llevaron, se obtuvieron los modelos matemáticos de comportamiento en los grupos de microorganismos y tratamientos evaluados. Los modelos que se ajustaron fueron:

Polinomial de 4º grado, $y = a+bx+cx^2+dx^3$; Modelo Gaussiano, $y = a \exp \left(\frac{-(b-x)^2}{2c^2} \right)$; Modelo Presión de vapor, $y = \exp \left(a+b/x+\ln(x) \right)$; Modelo Weibull, $y = a-b \exp \left(-c \cdot x^d \right)$; Modelo Exponencial Fit, $y = a e^{(bx)}$.

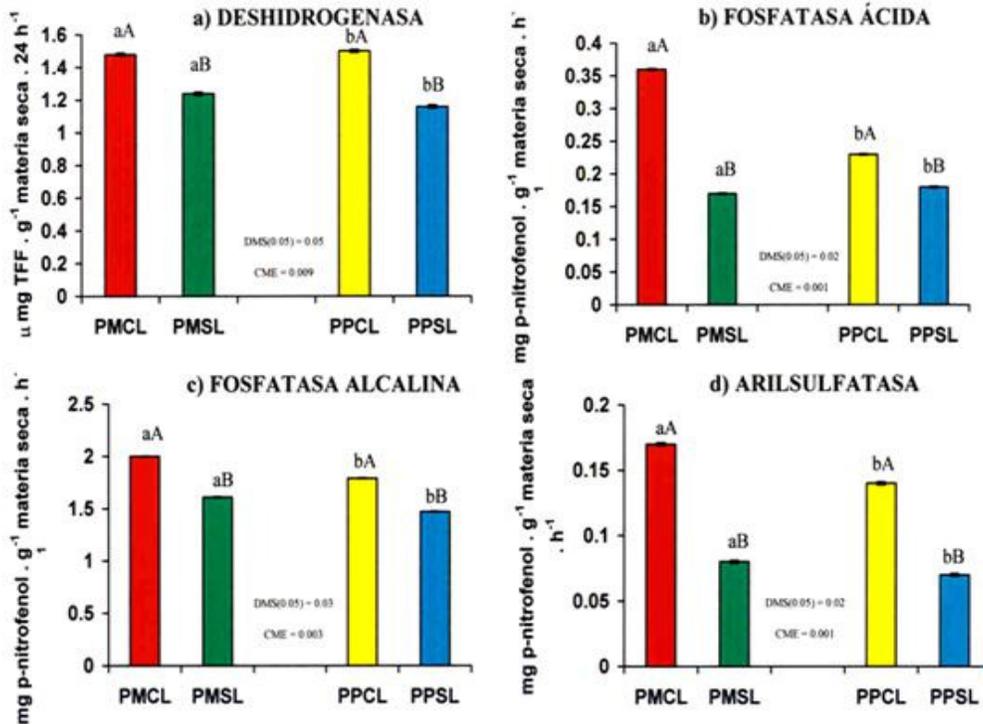


Figura 6. Actividad enzimática de la deshidrogenasa (a), del ciclo del fósforo: fosfatasa ácida (b), fosfatasa alcalina (c), ciclo del azufre (d) en compost y vermicompost derivados de la paja de avena, subproducto del cultivo de *Pleurotus ostreatus* y su análisis estadístico.

Cuadro 3. Cantidades de ácidos húmicos (AH) liofilizados a 23, 46, 69, 92, 115, y 148 días después de la incorporación de lombrices (*Eisenia andrei*) en vermicompost con paja molida (PM) y picada (PP) de avena, subproducto del hongo *Pleurotus ostreatus*, comparados con sus compost correspondientes sin lombrices.

Días de muestreo	Producción de ácidos húmicos liofilizados	
	Paja molida	Paja picada
mg de AH · 10 g ⁻¹ de materia seca		
Con lombrices		
23	2.1	1.1
46	3.6	1.6
69	4.5	1.9
92	6.8	3.4
115	9.3	6.2
148	12.3	8.4
Sin lombrices		
23	0.4	0.2
46	0.8	0.6
69	1.1	0.7
92	2.0	1.2
115	2.8	1.4
148	3.2	2.2

Conclusiones

Los análisis de correlación mostraron que las enzimas que tuvieron menor coeficiente de determinación fueron la amilasa en los tratamientos PMCL y PPCL en la celulosa, los cuatro tratamientos evaluados PMCL, PPCL, PMSL y PPSL. Las restantes en general fueron muy altas. Se observó que los microorganismos que mayor actividad presentaron fueron: bacterias, hongos y actinomicetos en general. La presencia de lombrices incrementó las poblaciones del ciclo del nitrógeno pero inhibieron las del ciclo del carbono.

Bibliografía

- Alexander, M. 1982. Most probable number method for microbial populations. pp. 815-820. *In*: Page A.L. (ed.). *Methods of Soil Analysis*. Agronomy 9, Part 2. *Soil Science Society of America*, Madison, WI.
- Cochran, W. G. 1950. Estimation of bacterial densities by means of the "most probable number". *Biometrics* 6:105-1116.
- Dick, R.P. 1997. Soil enzyme activities as integrative indicators of soil health. pp. 121-156. *In*: Pankhurst, C., B.M. Doube y V.V.S.R. Gupta (eds.). *Biological indicators of soil health*. CAB International.V.K.
- Edwards, C.A. y K.E. Fletcher. 1988. Interactions between earthworms and microorganisms in organic-matter- breakdown. *Agric. Ecosys. Environ.* 24: 235-247.
- Fenn, L.B., J.L. Tipton y G. Tatum. 1992. Urease activity in two cultivated and non-cultivated arid soils. *Biol. Fertil. Soils* 13: 152-154.
- Frankenberger, W. T. Jr. y W. Dick. 1983. Relationships between enzyme activities and microbial growth and activity indices in soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47: 945-951.
- Frankenberger, W.T. Jr. y M.A. Tabatabai 1981a. Fate of amide nitrogen added to soils. *Agricul. Food Chem.* 29: 152-155.
- Frankenberger, W.T. Jr. y M.A. Tabatabai. 1981b. Amidase activity in soils: III. Stability and distribution. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45: 333-338.
- Hofmann Z. y G. Hofmann. 1955. *Pflanzenernaehr. Dueng Bodenk.* 70: 97.
- Klose S. y M.A. Tabatabai. 1999. Arylsulfatase activity of microbial biomass in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63: 569-574.
- Kononova, M. M. y N. P. Belchikova. 1961. Estudio de la naturaleza de las sustancias húmicas del suelo por procedimientos de fraccionamiento *Pochvovedenic* No. 11.
- Kshattriya S., G. D. Sharma, R.R. Mishra. 1992. Enzyme activities related to litter decomposition in the forests of different age and altitude in North East India. *Soil Biol. Biochem.* 24: 265-270.
- Marsden W. L. y P.P. Gray. 1986. Enzymatic hydrolysis of cellulose in lignocellulose materials. *Crit Rev Microbiol* 3:235-276
- Mayaudon, J., L. Batistic y J.M. Sarkar. 1975. Properties of proteolytically active extracts from fresh soils. *Soil Biol. Biochem.* 7: 281-286.
- Nannipieri, P., S. Grego y B. Ceccanti. 1990. Ecological significance of the biological activity in soil. pp. 293-355. *In*: Bollag J.M. y G. Stotzky (eds.) *Soil Biochemistry* Vol. 6. Marcel Dekker, New York.
- Perucci, P. 1990. Effect of the addition of municipal solid-waste compost on microbial biomass and enzyme activities in soil. *Biol. Fertil. Soils* 10: 221-226.
- Perucci, P. 1992. Enzyme activity and microbial biomass in a field soil amended with municipal refuse. *Biol. Fertil. Soils* 14: 54-60.
- SAS Institute. 1998. *SAS, User's guide: statistics*. Raleigh, North Carolina, USA.
- Satchell, J.E. y Kyla Martin 1984. Phosphatase activity in earthworm faeces. *Soil Biol. Biochem.* 16:191-194.
- Serra-Wittling, C., S. Houot y E. Barriuso. 1995. Soil enzymatic response to addition of municipal solid-waste compost. *Biol. Fertil. Soils* 20: 226-236.
- Simek, M. y V. Pizl. 1989. The effect of earthworms (*Lumbricide*) on nitrogenase activity in soil. *Biol. Fertil. Soils* 7:370-373.
- Stevenson, F. J. 1994. *Humus chemistry. Génesis, composition, reactions*. 2nd edition. 589 pp.
- Sylvia, D.M., J.J. Fuhrmann, P.G. Hartel y D.A. Zuberer. 1999. *Principles and Applications of Soil Microbiology*. Prentice Hall. N.J. USA. pp. 370-378.

DOSIS DE MUCÍLAGO DE NOPAL (*Opuntia* spp.) EN LA EVALUACIÓN MICROESTRUCTURAL DEL SUELO.

**García Favela, B.^{1*}; Quintero Lizaola, R.²; Ojeda Trejo, E.³; Trinidad Santos, A.⁴; Alarcón, A.⁵;
Espinosa Victoria, D.⁶; González Estrada, E.⁷**

¹Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. México.

^{2,3,4,5,6}Colegio de Postgraduados Campus Montecillo-Postgrado en Edafología y ⁷Estadística. Texcoco, Estado de México. México.

*García-Favela, B: bgarciafavela@yahoo.com.mx; Calle Carretera México-Texcoco km 36.5 Núm. s/n, Col. Chapingo, Texcoco, Edo. de México. México. CP 56230; Tel. +52(595)-9521500-5382

Resumen

Se evaluaron dosis de mucílago de nopal: Testigo (sin mucílago, solo con agua), T10-90, T40-60 y T80-20; donde, la primera cantidad corresponde al porcentaje de mucílago de nopal y la segunda al de agua. Los suelos utilizados fueron: uno de textura arcillosa, que se recolectó en el INIFAP de Celaya, Guanajuato y el segundo arenosa, recolectado en los terrenos del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. Una vez aplicados los tratamientos dentro cajas magenta, estas se colocaron en una cámara de ambiente controlado a una temperatura de 25 °C y humedad relativa de 40%. Durante el transcurso del experimento se realizaron tres muestreos; a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación del mucílago, para evaluar los efectos de las diferentes dosis en ambos suelos. Se evaluaron a nivel micromorfológico los componentes básicos o las unidades más simples en secciones delgadas, como son: componentes básicos, minerales, masa basal, color de la masa, huecos, agregación y tipo de microestructura. Los resultados para el suelo arcilloso, mostraron que el aporte de mucílago sobre las propiedades microestructurales, es perceptible en periodos de tiempo evaluados. Mientras que en el suelo arenoso no se observó cambio en su composición microestructural por adiciones de mucílago.

Palabras clave: Micromorfología; agregación; secciones delgadas; mucílago de nopal

Introducción

El género *Opuntia* de la familia de las cactáceas, se caracteriza por producir un hidrocoloide que se asemeja a una red, una estructura capaz de sostener grandes cantidades de agua (McGarvie y Parolis, 1979; Ting, 1997). Estudios de Snyman et al., 2004, Duru y Turker, 2005, Matsuhiro et al., 2006 y Sepúlveda et al., 2007 sobre la estructura y composición del mucílago de nopal informaron que se trata de un carbohidrato complejo y ramificado, que contiene L-arabinosa, D-galactosa, ácido D-galacturónico, L-ramnosa y D-xilosa.

La estructura del suelo no puede verse directamente en tres dimensiones, debido a que los materiales del suelo son en gran parte opacos. El primer método que permitió la visualización de la estructura del suelo fue el método de la sección delgada. Un núcleo de suelo es impregnado por una resina que penetra en el sistema de poros a los dominios de diferentes tamaños, dependiendo de su viscosidad. A continuación se corta y es tratada de tal manera, que se produzca, ya sea una superficie plana o en forma de una sección delgada, del orden de espesor de 15 micras. Las secciones delgadas son entonces observadas y fotografiadas con un microscopio petrográfico (Velde y Barré, 2010).

La estructura del suelo corresponde a la organización tridimensional de las partículas sólidas y el espacio de los poros. En los suelos, las partículas sólidas (partículas minerales y moléculas orgánicas) están asociadas en agregados. Debido a que los minerales de arcilla, por su alta

reactividad, interactúan fuertemente con moléculas orgánicas y son muy eficientes en la construcción de los agregados (Carter, 2004).

Virto et al. (2008) mostró que las fracciones de arcilla (<2 μm) de los agregados de tamaño del limo se enriquecen en minerales de arcilla en comparación con las arcillas "libres" en el suelo. Entre las moléculas orgánicas, polisacáridos exudados por microorganismos o raíces, tienen una función central en la formación de agregados y su estabilidad (Velde y Barré, 2010).

Se ha observado que la adsorción de moléculas orgánicas cargadas negativamente sobre minerales de arcilla incrementa la estabilidad coloidal. Se ha postulado que la adsorción de moléculas de carga negativa en la carga positiva de borde-sitio de las capas de arcilla se invierte la carga de positivo a negativo y evita que el borde-cara interactúe con los minerales (Velde y Barré, 2010).

Materiales y Métodos

Se utilizaron dos suelos con texturas arcillosa y arenosa. El suelo arcilloso se recolectó en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ), perteneciente al INIFAP, localizado en Celaya, Guanajuato, entre los paralelos 20° 30' 57" y 20° 36' 34" Norte y los meridianos 100° 49' 20" y 101° 06' 40" Oeste (INEGI, 1988b). El suelo arenoso se tomó en el Colegio de Postgraduados, dentro de las coordenadas geográficas: 19° 22' y 19° 37' de latitud Norte y entre los 98° 54' y 99° 03' de longitud Oeste. El suelo se secó y se homogenizó con un tamiz del número 10. Las unidades experimentales constaron de cajas magenta con capacidad para 400 mL, a las que se agregaron 200 g de suelo por unidad experimental, para ambos suelos. Se evaluaron cuatro tratamientos para cada suelo. Se determinaron las constantes de humedad para el perfil del suelo, considerando los parámetros capacidad de campo (CC) y punto de marchitamiento permanente (PMP) en laboratorio.

Una vez definidos se calculó el porcentaje de humedad aprovechable y se realizaron los cálculos de los tratamientos. El experimento se realizó en una cámara de ambiente controlado marca Sherer, modelo Cel 3714, en las instalaciones del Postgrado de Botánica del C.P. A una temperatura de 25 °C y humedad relativa de 40%. El experimento duró 21 días, se realizaron tres muestreos a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación de mucílago de nopal. Las cajas magenta con las muestras de suelo fueron llevadas al laboratorio para la obtención de las láminas delgadas por medio de las técnicas tradicionales de petrología. Se analizaron con un microscopio petrográfico marca Olympus con aumento de 2 hasta 20x y se describieron en base al manual elaborado por Bullock et al. (1985).

Entre las características micromorfológicas propuestas para el experimento se consideraron los componentes básicos: granos de arena, partículas de arcilla, fragmentos de plantas, etc. Para la masa basal: color, huecos, agregación, microestructura y contextura birrefringente del material fino (micromasa). Los huecos que representan el espacio poroso de los suelos, ocupado por el aire y el agua. La agregación: de los constituyentes elementales del suelo (arenas, limos, arcillas, materiales orgánicos). Por el tipo de agregado: migajosos, granulares, bloques angulares, bloques subangulares, prismáticos, y laminares.

En función de su grado de desarrollo y en función de su grado de acomodación, los tipos de microestructuras; que está relacionada con el tamaño, forma y disposición de las partículas primarias y los huecos en materiales agregados y no agregados, según el tamaño, forma y disposición de cualquier agregado presente.

Resultados y Discusión

Los efectos del aporte de mucílago de nopal sobre las propiedades físicas en suelos arcillosos (vertisoles), son perceptibles en periodos cortos. Con relación al testigo, las imágenes para el suelo con arcilloso presentaron un cambio en el arreglo estructural en los tratamientos que se les aplicó mucílago de nopal, en 10, 40 y 80% en los tres muestreos analizados.

Conclusiones

Se observó que el arreglo estructural del testigo (sin mucílago) permaneció sin cambio y estructura masiva, característica común de los suelos arcillosos. El arreglo estructural cambió en los suelos tratados, el agrietamiento disminuyó gradualmente conforme se incrementó la dosis de mucílago y mayor proporción de agregados menores se hicieron presentes.

Cuadro 1. Características micromorfológicas del suelo arcilloso (Figuras: 1, 3 y 5) y arenoso (Figuras: 2, 4 y 6) con diferentes dosis de mucílago de nopal.

CARACTERÍSTICA		Suelo arcilloso	Suelo arenoso
	Componentes básicos	Minerales finos	Granos de arena
	Componentes minerales	Partículas de arcilla	Minerales gruesos
	Masa basal	Material fino	Material grueso
	Color de la masa	Pardo a pardo oscuro	Incolora o cristalina
	Huecos	Planares o empaquetamiento	Empaquetamiento simple
		Migajoso con agregado poroso de forma esferoidal	Sin desarrollo
Agregación	Tipo	Moderado	
	Grado de desarrollo		
	Grado de acomodación	parcial	
Tipo de microestructura	Ni agregadas ni arenosas	masiva	Grano simple
	Agregadas	Migajoso bloques subangulares	

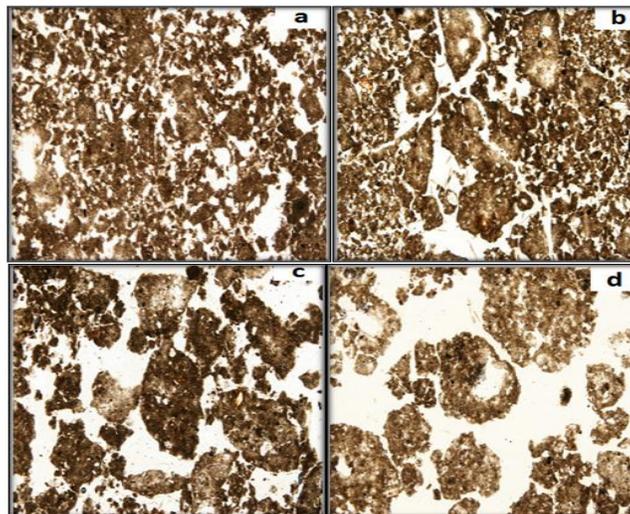


Fig. 1. Láminas delgadas (4x) de suelo arcilloso, muestreo a los siete días después de la aplicación del mucílago de nopal. Tratamientos: a) testigo, b) tratamiento 10-90, c) tratamiento 40-60 y d) tratamiento 80-20. La primera cantidad corresponde mucílago de nopal (%) y la segunda a la del agua (%).

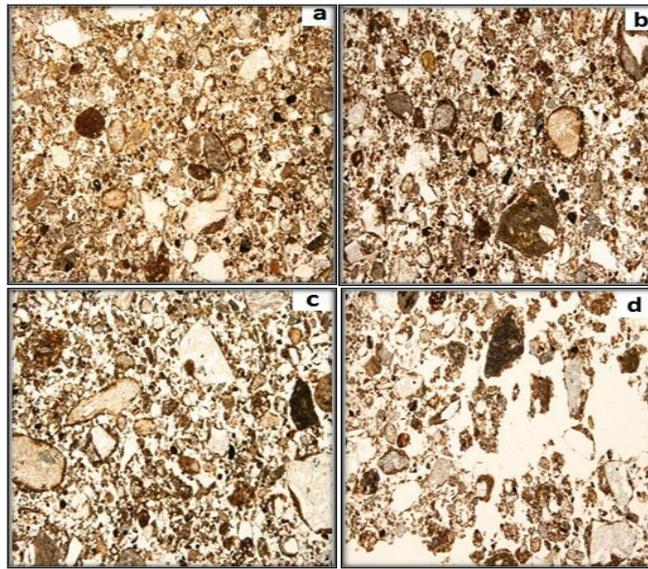


Fig. 2. Láminas delgadas (4x) de suelo arenoso, realizado a los siete días después de la aplicación del mucílago de nopal para cada uno de los tratamientos: a) testigo, b) tratamiento 10-90, c) tratamiento 40-60 y d) tratamiento 80-20. La primera cantidad corresponde mucílago de nopal (%) y la segunda a la del agua (%).

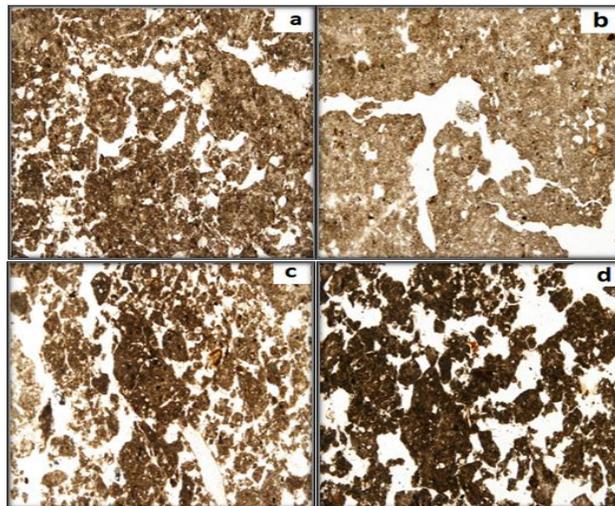


Fig. 3. Láminas delgadas (4x) para suelo arcilloso a los 14 días después de la aplicación del mucílago de nopal para cada uno de los tratamientos: a) testigo, b) tratamiento 10-90, c) tratamiento 40-60 y d) tratamiento 80-20. La primera cantidad corresponde mucílago de nopal (%) y la segunda a la del agua (%).

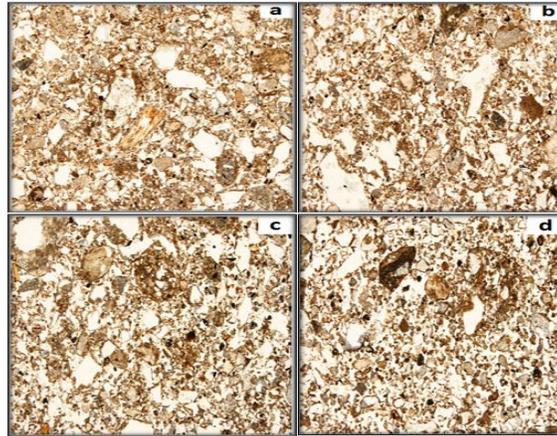


Fig. 4. Láminas delgadas (4x) para suelo arenoso, muestreo dos a los 14 días después de la aplicación del mucílago de nopal para cada uno de los tratamientos: a) testigo, b) tratamiento 10-90, c) tratamiento 40-60 y d) tratamiento 80-20. La primera cantidad corresponde mucílago de nopal (%) y la segunda a la del agua (%).

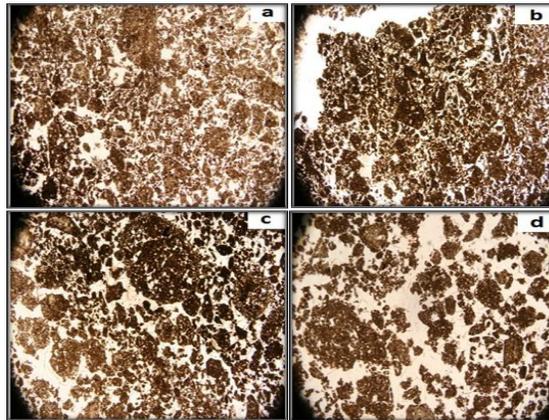


Fig. 5. Láminas delgadas (4x) de suelo arcilloso, a los 21 días después de la aplicación del mucílago de nopal para cada uno de los tratamientos: a) testigo, b) tratamiento 10-90, c) tratamiento 40-60 y d) tratamiento 80-20. La primera cantidad corresponde mucílago de nopal (%) y la segunda a la del agua (%).

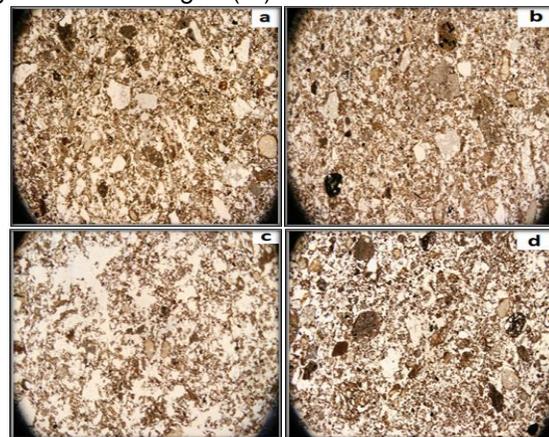


Fig. 6. Láminas delgadas (4x) de suelo arenoso, a los 21 días después de la aplicación del mucílago de nopal para cada tratamiento: a) testigo, b) tratamiento 10-90, c) tratamiento 40-60 y d) tratamiento 80-20.

Bibliografía

- Barré, P. and Hallett P. 2009. Rheological stabilization of wet soils by model root and fungal exudates depends on clay mineralogy. *European Journal Soil Science* 60: 525-538.
- Bossuyt, H., Six, J. Hendrix, P. F. 2004. Rapid incorporation of carbon from fresh residues into newly formed stable microaggregates within earthworm casts. *European Journal Soil Science*. 55 (2): 393-401.
- Bullock, P., N. Federoff, A. Jongerius, G. Stoops, and T. Tursina. 1985. Handbook for soil thin section description. Wayne Research Publications, England.
- Bresson, L. M., Coch, C., Le Bissonais, Y. Barruso, E. Lecomte, V. 2001. Soil surface structure by municipal waste compost application. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65: 1804-1811.
- Carter, M.R. 2004. Researching structural complexity in agricultural soils. *Soil and Tillage Research*.
- Chenu, C. 1993. Clay – or sand-polysaccharide associations as models for the interface between micro-organisms and soil: Water related properties and microstructure. *Geoderma* 56: 143-156.
- Chenu, C. and Guérif, J. 1991. Mechanical strength of clay minerals as influenced by an adsorbed polysaccharide. *Soil Sci Soc Ame J* 55: 1076-1080.
- Cornejo, J. and Hermosin, M. C. 1996. Interaction of humic substances and soil clays, pp. 509-625. In A Piccolo (ed.), *Humic Substances in Terrestrial Ecosystems*, Elsevier, 753 pp.
- Czarnes, S., Hallett, P. D., Bengough, A. G. and Young, I. M. 2000. Root- and microbial-derived mucilages affect soil structure and water transport. *European Journal Soil Science* 51: 435-443.
- De León, G. F., Gutiérrez C. C., González, C. M. C. 2007. *Geoderma* (2007). 308- 317.
- Debosz, K., Petersen, S.O., Kure, L.K., Ambus, P. 2002. Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties. *Appl. Soil Ecol.* 19: 237-248.
- Denef, K. and Six, J. 2005. Clay mineralogy determines the importance of biological versus abiotic processes for macroaggregate formation and stabilization. *European Journal Soil Science* 56: 469-479.
- Denef, K., Six, J. and Merckx, R. 2004. Carbon sequestration in microaggregates of no-tillage soils with different clay mineralogy. *Soil Soc Soc Ame J* 68: 1935-1944.
- Denef, K., Six, J. and Merckx, R. (2002) Short-term effects of biological and physical forces on aggregate formation in soils with different clay mineralogy. *Plant Soil* 246: 185-200.
- Dinel, H., Mehuys, G. and Lévesque, M. 1991. Influence of humic and fibric materials on the aggregation and aggregate stability of a lacustrine silty clay. *Soil Sci* 151: 146-158.
- Elliott, E. T. and D.C. Coleman. 1988. Let the soil work for us. In: Eijsackers, H., Quispel, A. (Eds). *Ecological Implication of Contemporary Agriculture*. Proc of the 4th Eur Ecol Symp, Wageningen, Copenhagen, pp. 23-32
- Fenton, T., Brown, T. J. and Mausbach, M. 1999. Effects of long – term cropping on organic matter content of soils: Implications for soil quality, 89-123. In R Lal (ed.), *Soil Quality and Soil Erosion*, CRC Press, 329 pp.
- Hassink, J. 1994. Effects of soil texture and grassland management on soil organic C and N and rates of C and N mineralization. *Soil Biol. Biochem.* 26: 1221-1231.
- Hassink, J. 1996. Preservation of plant residues in soils differing in insaturated protective capacity. *Soil Sci Soc Am J.* 60: 487-491
- Horn, R. H., Taubner, M. Wuttke, and I. Baumgart. 1994. Soil physical properties related to soil structure. *Soil Till Res.* 30: 187-216.
- Jastrow, J. D. and R. M. Miller. 1998. Soil aggregate stabilization and carbon sequestration: Feedbacks through organo-mineral associations. In: *Processes in the Carbon Cycle*. R. Lal, J. Kimble, R. Follet y B. A. Stewart (Eds.). C.R.C. Press Boca Raton, FL. Pp 207-223.
- Jenkinson, D. S. 1988. Soil organic matter in its dynamics. In: Wild, A. (Ed.). *Soil condition and plant growth*, 11th ed. Longman, New York. Pp: 564-604.
- Konen, M. E. 1999. Human impacts on soils and geomorphic processes on the Des Moines Lobe. Iowa. Ph. D diss. Iowa State Univ., Ames.
- Lad, J. N., M. Amato, J. M. Oades. 1985. Decomposition of plant material in Australian soils. III. Residual organic and microbial biomass C and N from isotope-labelled legume material and soil organic matter, decomposing under field condition. *Aust. J. Res.* 23: 603-611.
- Lars, J. and P. Schjønning. 2004. Structural vulnerability of a sandy loam exposed to intensive tillage and traffic in wet conditions. *Soil & Tillage Research* 79: 79-85
- Li, D. and Velde, B. 2003. Aggregation in clay-rich agricultural soils as seen in 2D image analysis. *Geoderma* 118: 191-207.
- Mikha, M. M, Rice, C. W. 2004. Tillage and manure effects on soil and aggregate-associated carbon and nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 809-816.
- Miller, R.D., Johnson, D.D., 1964. The effect of soil moisture tension on carbon dioxide evolution, nitrification, and nitrogen mineralization. *Soil Science Society of America Proceedings* 28, 644-647.
- Moreau, E., Velde, B. and Terribile, F. 1999. Comparison of 2D and 3D images of fractures in a Vertisol. *Geoderma* 92: 55-72.
- Nichols, J. D. 1984. Relation of organic carbon to soil properties and climate in the Southern Great Plains. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 1382-1384.
- Oades, J. M. 1984. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implication for management. *Plant and Soil* 76: 319-337.
- Oades, J.M., 1988. The retention of organic matter in soils. *Biogeochemistry* 5, 35-70.

- Palma-López JD, Cisneros D J (2000) Plan de uso sustentable de los suelos de Tabasco. Vol. 1. Segunda edición. Fundación Produce Tabasco, A.C. Villahermosa. 115 pp.
- Parton, W. J., D. S. Schimel., C. V. Cole, and D. Ojima. 1987. Analysis of factors controlling soil organic levels of grassland in the Great Plains. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 530-536.
- Perth, S., Horn, R., Beckman., F, Donath, T. F., Fischer, J. and Schmucker, A. 2008. Three-dimensional quantification of intra-aggregate space features using synchrotron-radiation-based microtomography. *Soil Sci Soc Ame J* 72:879–907
- Porta, C. J., M. López-Acevedo R. y C. Roquero, D. 2003. Edafología. Para la Agricultura y el Medio ambiente. 3a Edición. Ediciones Mundi-Prensa. México
- Puget, P., Chenu, C. Balensdent, J. 2000. Dynamics of soil organic matter associated with particle-size fractions of water-stable aggregates. *Europ. J. Soil Sci.* 51 (4): 595-601.
- Schimel, D. S., B. H. Braswell, E. A. Holland, R. McKeoun, D. S. Ojima, T. H. Painter, W. J. Parton, and A. R. Townsend. 1994. Climatic, edaphic, and biotic controls over storage and turnover of carbon in soils. *Global Biog. Cycl.* 8:279-293.
- Schjøning, P., Thomsen, I.K., Møberg, J.P., de Jonge, H., Kristensen, K., Christensen, B.T., 1999. Turnover of organic matter in differently textured soils. I. Physical characteristics of structurally disturbed and intact soils. *Geoderma* 89, 177–198.
- Six, J., Elliot, E. and Pausitan, K. 2000. Soil structure and organic matter: II A Normalized stability index and the effect of mineralogy. *Soil Sci Soc Ame J* 64: 1042–1049.
- Sollins, P., P. Homann, and B. A. Cadwell. 1996. Stabilization and destabilization of soil organic matter: Mechanisms and controls. *Geoderma* 74: 65-105.
- Sommers, L.E., Gilmour, C.M., Wildung, R.E., Beck, S.M., 1981. The effect of water potential on decomposition processes in soils. In: Parr, J.F., Gardner, W.R., Elliott, L.F. (Eds.), *Water Potential Relations in Soil Microbiology*, Special Publication number 9, Soil Science Society of America, Madison, pp. 97–117.
- Sorensen, L. H. 1981. Carbon-nitrogen relationships during the humification of cellulose in soils containing different amounts of clay. *Soil Biol. Biochem.* 13: 313-321.
- Spain, A. 1990. Influence of environmental conditions and some soil chemical properties on the carbon and nitrogen contents of some tropical Australian Rainforest Soils. *Aust. J. Soil Res.* 28: 825-839.
- Tisdall, J. M, Oades, J. M. 1982. Organic matter and water stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.* 33:141-163.
- Troare, O., Groleau-Renard, V., Plantureux, S., Tubeileh, A. and Boef-Tremblay, V. 2000. Effect of root mucilage and modelled root exudates on soil structure. *Eur J Soil Sci* 51: 575–581.
- Varadachari, C., Mondal, A. and Ghose, K. 1995. The influence of crystal edges in clay-humus complexation. *Soil Sci* 159: 185–190.
- Velde B., Barré P. 2010. *Soils, Plants and Clay Minerals*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Virto, I. Barré, P. and Chenu, C. 2008. Microaggregation and organic matter storage at silt-size scale. *Geoderma* 146:326–335.

USO DE SUELO, SUSTANCIAS HUMICAS, SALINIDAD Y METALES EN EL SITIO RAMSAR 1363 XOCHIMILCO MEXICO

Reyes Ortigoza, A. L.^{1*}; Martínez Plascencia, J. M.¹; Galicia Palacios, M. S.¹

¹ Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias, Departamento de Ecología y Recursos Naturales México D.F. C.P 04510.

* Autor responsable: Amada Laura Reyes Ortigoza: amadalaura@ciencias.unam.mx; Ciudad Universitaria Facultad de Ciencias, Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Laboratorio de Edafología, Edificio A, P.B. , México, D.F. CP 04510; Tel. +52(555)-622-4922

Resumen

El trabajo de investigación se realizó en la zona de Humedales de Xochimilco-San Gregorio Atlapulco (dentro del Sitio Ramsar 1363). Se colectaron 75 muestras superficiales (0 a 40 cm), dentro de una malla con puntos equidistantes cada 500 m, Se seleccionaron 21 muestras, se secaron y tamizaron a 2 mm y se cuantificaron por espectrofotometría de absorción atómica metales extractables en DTPA . También se les hicieron determinaciones de salinidad (CE, pH) en el extracto de la pasta de saturación. A ocho de las muestras, se les extrajeron sustancias húmicas con pirofosfato e hidróxido de sodio y se les determino carbono total. Con los AH purificados se realizó el coeficiente de extinción óptica en el espectro visible, de 450 hasta 726 nm, para determinar la relación E_4/E_6 . Con el programa Past se evaluó la asociación entre el uso de suelo, salinidad, distribución de metales y el carbono de las sustancias húmicas por análisis de correlación múltiple. La distribución de metales no fue tóxica y mostró diferencias asociadas al uso del suelo principalmente en Mn, Zn, Ni y Cu, atribuido a su uso como micronutrientes. Hubo también asociaciones entre Cu y Zn con sustancias húmicas, lo que se explica por la formación frecuente de organominerales con estas moléculas esto definió un amortiguamiento, también se encontraron asociaciones entre la distribución de Mn-Ni, Fe-Cd, que se explico por tener la misma valencia (+2). La salinidad evaluada por CE también se asocio al uso de suelo. El grado de evolución de sustancias húmicas basado en el índice E_4/E_6 definió complejidad en sus moléculas con mayor contenido de C en sustancias húmicas de suelos sin trabajar. Se concluyó que tanto la salinidad, como la distribución de metales y las características de las sustancias húmicas están relacionadas íntimamente con el uso de suelo.

Palabras clave: Chinampas; metales; sustancias húmicas

Introducción

Las concentraciones nocivas de metales en suelos son un tipo de degradación. Si se encuentran en cantidades mayores de las habituales promueven un efecto adverso sobre alguna función de los organismos. Las principales fuentes antropogénicas de metales en suelos, pueden ser: • Actividades agrícolas: riego, fertilizantes inorgánicos, pesticidas, estiércol, enmiendas calizas y, sobre todo, lodos residuales de depuradoras y residuos domésticos, aproximadamente el 10% de la basura está compuesta por metales. Su enterramiento puede contaminar las aguas subterráneas, mientras que la incineración puede contaminar la atmósfera al liberar metales volátiles y como consecuencia contaminar los suelos. Las basuras no controladas son una importante fuente de contaminantes para el suelo y las aguas superficiales.

Estas últimas actividades ocurren en Xochimilco. Por lo que consideramos importante el uso del suelo en la zona para ver que tanto afecta el grado de salinidad, acumulación de metales y si actúan como amortiguador las sustancias húmicas. La zona de humedales de Xochimilco y San Gregorio

Atlapulco, durante siglos estuvo libre de contaminantes, sin embargo por el avance de la mancha urbana, la sobreexplotación de mantos acuíferos, la desecación de manantiales y la descarga de aguas residuales de dos plantas de tratamiento que sustituyeron a los manantiales naturales, la de Cerro de la Estrella y la de San Luis Tlaxialtemalco (Vega, 2010) han generado contaminación por materiales tóxicos, como metales pesados, compuestos orgánicos, sintéticos y sales disueltas, (Alfaro y Orozco, 1980).

La importancia del trabajo se asocia a las condiciones ambientales culturales, sociales e históricas de la zona de estudio, ya que ha sido declarada Patrimonio de la humanidad, también está dentro del sitio RAMSAR 1363 (humedales de importancia mundial) y tiene chinampas (tierras de cultivo con producción hortícola y florícola). Los suelos chinamperos están perturbados debido al riego con aguas contaminadas y residuales y la aplicación excesiva de abonos orgánicos (estiércol y composta) con manejo deficiente (Flores, 1990; López y Reyes, 1990) que promueven la salinidad y poca productividad.

El suelo actúa en general como una barrera protectora de otros medios más sensibles (hidrológicos y biológicos), filtrando, descomponiendo, neutralizando o almacenando contaminantes y evitando en gran parte su biodisponibilidad. Esta capacidad depuradora de un suelo depende de los contenidos en materia orgánica, carbonatos y oxihidróxidos de hierro y manganeso, de la proporción y tipo de minerales de la arcilla, de la capacidad de cambio catiónico del suelo, del pH y Eh, textura, permeabilidad y actividad microbiana (Cheng et al. 2001), que depende de las propiedades del suelo, el tipo e historia de la contaminación, organismos indicadores de la toxicidad, y otros parámetros ambientales. Los efectos amortiguadores de los suelos se llevan a cabo por neutralización, degradación biótica o abiótica, precipitación-disolución, oxidación-reducción, formación de complejos orgánicos o insolubilización.

Con base en el contexto el objetivo del trabajo fue ver cómo afecta el uso de suelo, el grado de salinidad, la distribución de metales traza y las características de las sustancias húmicas.

Materiales y Métodos

Trabajo de campo

El trabajo de investigación se realizó en la zona de Humedales de Xochimilco - San Gregorio Atlapulco 19° 17' N 99° 04' W (dentro del Sitio Ramsar 1363).

Se colectaron 75 muestras superficiales (0 a 40 cm), en un área de 2,657 hectáreas totales. Se construyó una malla con puntos equidistantes cada 500 m (Figura 1) y una tabla con coordenadas, número de muestra y uso de suelo (Figura 2).

Se seleccionaron 21 muestras, se secaron y tamizaron a 2 mm, y se cuantificaron los metales extractables en una solución DTPA-TE-CaCl₂, (Lindsay y Norvell, 1978) y por espectrofotometría de absorción atómica, con un equipo Perkin-Elmer Modelo 3110.

También se les hicieron determinaciones de salinidad (CE, pH) en el extracto de la pasta de saturación (Porta et al., 1986). La CE mediante el puente de conductividad Orión Modelo 160 (Jackson, 1982). El pH con un potenciómetro Corning Modelo 7.

A ocho de las muestras, se les extrajeron sustancias húmicas por el método de Kononova & Bel'chicova (1960), con pirofosfato e hidróxido de sodio y se les determinó Carbono total por el método de Walkley y Black. Con los AH una vez purificados se realizó el coeficiente de extinción óptica en el espectro visible, de 450 hasta 726 nm, con un espectrofotómetro PYE UNICAM 8600 UV/VIS para determinar la relación E₄/E₆.

La asociación entre el uso de suelo, la distribución de metales y el carbono de las sustancias húmicas se hizo en el programa Past con un análisis de correlación múltiple.

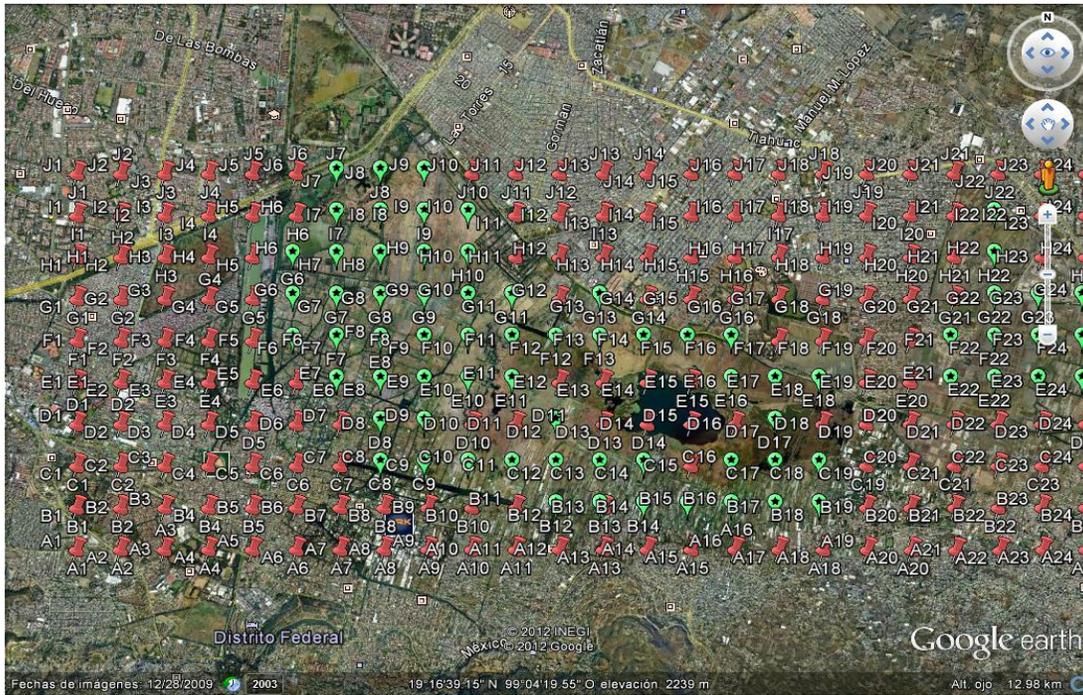


Figura 1. Malla de muestreo del sitio Ramsar 1363, Xochimilco, México.

Muestra	USO SUELO	Coordenadas (UTM) X	Coordenadas (UTM) Y
B12	Sin Trabajar	492500.00 m E	2129500.00 m N
C14	Sin Trabajar	493563.00 m E	2129866.00 m N
E16	Sin Trabajar	494500.00 m E	2131000.00 m N
F6	Sin Trabajar	489500.00 m E	2131488.00 m N
F9	Sin Trabajar	491000.00 m E	2131521.00 m N
F13	Sin Trabajar	492917.00 m E	2131500.00 m N
H6	Sin Trabajar	489500.00 m E	2132517.00 m N
I8	Sin Trabajar	490500.00 m E	2133000.00 m N
B13	Cultivado	492967.00 m E	2129521.00 m N
B14	Cultivado	493390.00 m E	2129536.00 m N
B17	Cultivado	495000.00 m E	2129515.00 m N
C17	Cultivado	494997.00 m E	2129925.00 m N
D8	Cultivado	490600.00 m E	2130400.00 m N
E22	Cultivado	497489.00 m E	2130790.00 m N
E24	Cultivado	498519.00 m E	2130987.00 m N
C12	Pastizal	492516.00 m E	2130000.00 m N
E10	Pastizal	491243.00 m E	2131067.00 m N
E25	Pastizal	498780.00 m E	2130913.00 m N
F10	Pastizal	491455.00 m E	2131526.00 m N
F14	Pastizal	493500.00 m E	2131500.00 m N
E16*	Pastizal	494500.00 m E	2131017.00 m N

Figura 2. Número de muestra estudiada, coordenadas y uso de suelo del sitio Ramsar, 1363, Xochimilco, México.

Resultados y Discusión

La distribución de metales mostró diferencias asociadas al uso del suelo principalmente en Mn, Pb, Zn y Cu. El Mn y Cu estuvieron en menores cantidades en suelos cultivados y en mayor concentración en suelos sin trabajar y con pastizal. El Pb estuvo en mayores cantidades en suelos sin trabajar. El Zn fue menor en suelos con pastizal (Tabla 1). Los comportamientos encontrados se explican porque el Mn, Cu y Zn son micronutrientes utilizados en diversos cultivos y pastizales, mientras que el Pb no es requerido por los cultivos y puede estar presente en la basura que por lo regular está presente en los suelos abandonados sin trabajar. La distribución de todos los metales extractables estuvo por debajo de los límites de toxicidad según la NOM 147-SEMARNAT/SSA1-2004 y EPA (Bowie y Thompson, 1985).

Tabla 1. pH, CE y metales en suelos con diferente uso en el sitio Ramsar 1363.

Con base en reportes de suelos individuales de la presente investigación y con reportes anteriores de Ramos, et al., (2001), del contenido de metales extractables en suelos de la zona estudiada se observó que los rangos de Cu y Ni son parecidos no mayores de 9 mg kg^{-1} y 3 mg kg^{-1} respectivamente, mientras que el Mn fue mayor a 62 mg kg^{-1} , el Zn también fue más alto de 14 mg kg^{-1} y el Pb más alto de 4 mg kg^{-1} finalmente el Fe fue menor de 190 mg kg^{-1} .

En cuanto a los contenidos de carbono orgánico del suelo, nitrógeno y carbono de las sustancias húmicas se observaron las siguientes diferencias: El carbono fue menor en suelos con pastizal, el nitrógeno fue semejante en todos los suelos, la relación C/N fue mucho más alta en suelos sin trabajar y se asoció a contenidos de carbono semejantes en sustancias húmicas (AH y AF), mientras que los suelos de pastizal y cultivados presentaron mayores contenidos de carbono en AH y menores en AF (Tabla 2). Estas respuestas se explicaron porque en suelos sin trabajar existe una mayor acumulación de carbono, por el origen de las chinampas y este es poco disponible, por la falta de actividades agrícolas debido a que no hay condiciones para oxigenar, promover la actividad microbiana y aumentar la mineralización. Por lo mismo el dominio de C en sustancias húmicas indica una mayor complejidad de moléculas orgánicas. Mientras que en suelos cultivados y de pastizal por las actividades agrícolas se promueve más la mineralización y disponibilidad de nutrimentos. Pero a

la vez es importante el carbono de los AH, por lo tanto también hay complejidad en las moléculas de humus y reservas de carbono en los suelos. Esto se corrobora con los índices E4/E6 con valores cercanos a 4 en los suelos aun con diferente uso, lo cuál implica complejidad en las moléculas húmicas del sitio Ramsar 1363 (Tabla 2); los resultados coinciden con los trabajos de Galicia y Reyes (2012) y Reyes y García, 2004).

Tabla 2. Carbono del suelo y sustancias húmicas en el sitio Ramsar 1363.

Muestra	USO SUELO	C	N	C/N	C AH	C AF	E4/E6
		mg/Kg	mg/Kg		mg/Kg	mg/Kg	
B12	Sin Trabajar	48.89	0.82	59.62	49.6	37.9	3.39
C14	Sin Trabajar	14.55	0.71	20.49			
E16	Sin Trabajar	7.73	0.34	22.74	10.6	29.0	3.82
F6	Sin Trabajar	7.61	0.71	10.72			
F9	Sin Trabajar	9.51	0.86	11.06			
F13	Sin Trabajar	7.96	0.44	18.09			
H6	Sin Trabajar	28.03	1.11	25.25	38.1	49.6	3.61
I8	Sin Trabajar	29.09	0.53	54.89			
	PROMEDIO	19.17	0.69	27.86	32.77	38.83	3.61
B13	Cultivado	12.05	0.68	17.72			
B14	Cultivado	12.73	0.62	20.53			
B17	Cultivado	12.28	0.74	16.59	6.64	13.1	4.93
C17	Cultivado	11.83	0.82	14.43			
D8	Cultivado	6.44	0.66	9.76			
E22	Cultivado	15.34	0.79	19.42	38.1	7.7	3.42
E24	Cultivado	11.64	0.65	17.91	5.04	5.43	3.31
	PROMEDIO	11.76	0.71	16.62	16.59	8.743	3.89
C12	Pastizal	12.74	0.80	15.93			
E10	Pastizal	4.36	0.65	6.71	11.4	4.0	3.17
E25	Pastizal	16.39	0.83	19.75	40.7	9.1	4.15
F10	Pastizal	6.34	0.64	9.91			
F14	Pastizal	7.05	0.30	23.50			
E16*	Pastizal	10.00	0.71	14.08			
	PROMEDIO	9.48	0.66	14.98	26.05	6.55	3.66

Las correlaciones entre los metales Mn, Ni y Cu y uso de suelo fueron significativas; la CE tuvo correlación con uso de suelo, Mn, Cu y % de Carbono de sustancias húmicas, el % N se asoció con pH y Zn, la relación C/N con Mn y Cd, el Cu con carbono de sustancias húmicas, el Zn con C de AH. Mientras que se observaron las siguientes correlaciones entre metales Mn-Ni, Fe-Cd (Tabla 3).

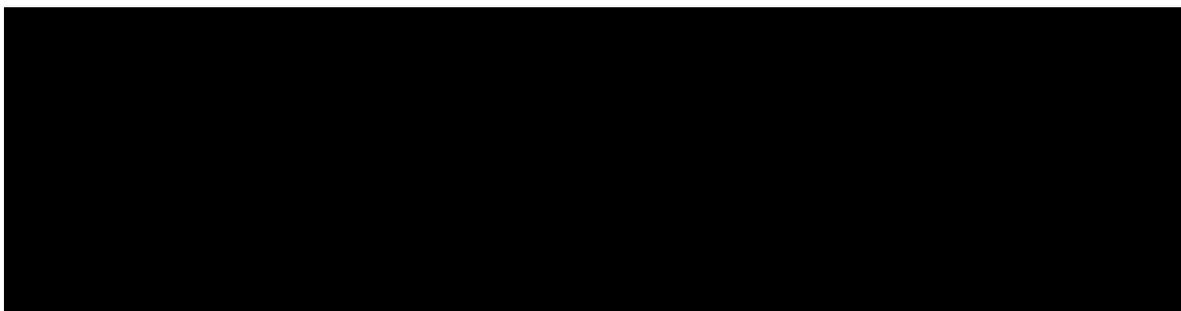
Las correlaciones encontradas se explican porque el Mn, Ni y Cu son nutrientes de cultivos y por lo tanto hay diferencias con respecto al uso de suelo. También la relación entre CE y uso de suelo es lógica puesto que esta indica las cantidades de sales solubles y esta acumulación depende del manejo agrícola. Lo mismo ocurre entre la relación C de AH y CE, ya que la salinidad afecta la dinámica del carbono.

La asociación entre Cu y Zn con AH es un comportamiento frecuentemente reportado en trabajos donde ocurre formación de órgano-minerales por la captura de metales en los diferentes grupos funcionales abundantes en sustancias húmicas (Stevenson,1994), lo que implica un efecto de amortiguación. En cuanto a la relación entre metales se explico por su semejanza en cuanto a que todos tienen valencia +2. Se observó que la muestra E16 (Tabla 1) suelo sin trabajar tuvo los mayores contenidos de Cu y Pb, así como una alta CE debido a que fue reportado con altas cantidades de basura y materiales de construcción, por lo que se corrobora que la acumulación de materiales de desecho en suelos, participa en su contaminación.

Conclusiones

El uso de suelo influye en el grado de salinidad, distribución de metales y las características de las sustancias húmicas. Con base en la NOM 147-SEMARNAT/SSA1-2004 y EPA los suelos del sitio Ramsar 1363 tienen contenidos de metales extractables no tóxicos. La distribución de metales (Mn, Ni y Cu) tuvo correlaciones positivas con el uso de suelo. La distribución de Cu y Zn estuvo asociada de forma importante a los AH lo que implicó amortiguación de toxicidad y formación de órgano-minerales. Las interacciones entre Mn-Ni y Fe-Cd se asociaron a la valencia + 2. Las sustancias húmicas de todos los suelos tuvieron índices E4/E6 entre valores de 3 y 4, que expresaron complejidad en sus moléculas. El uso de suelo afectó la dinámica del carbono siendo más disponible en suelos con manejo (agrícolas y de pastizal).

Tabla 3. Índice de coeficientes de correlación entre metales, C, pH y CE con uso de suelo. ($p=0.01$).



Agradecimientos

A la DGAPA de la UNAM por el financiamiento para el Proyecto PAPIIT 218512 "Índices de calidad en suelos de humedal de Táhuac, Xochimilco y San Gregorio Atlapulco".

Bibliografía

- Alfaro Sánchez G. y Orozco Chávez F. 1980. Estudio Edafológico del ejido de Xochimilco (Ciénega Grande) Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. 1980.
- Bowie, S.H.U. & Thornton (1985): Environmental Geochemistry and Health. Kluwer Academic Publ., Hingham. MA. Cheng, H.M.; Zheng, C.R.; Tu, C. & Zhou, D.M.
- Cheng, H.M.; Zheng, C.R.; Tu, C. & Zhou, D.M. (2001): Studies on loading capacity of agricultural soils for heavy metals and its applications in China. Applied Geochemistry, 16, 1397-1403.
- Flores V., C. 1990. Las chinampas: Futuro de la producción agrícola en México. Rescate 10: 5-11.
- Galicia, P.S., Reyes, O.A. 2012. Sustancias húmicas en áreas naturales protegidas. Congreso Nacional de la C. Suelo, Zacatecas, México.
- Jackson, L.M. 1982. Análisis químicos de suelos. Omega. Barcelona, España.
- Kononova M. M Bel'chikova N.P. 1960. Investigations on the nature of soil humic substances. Soviet Soil Sci 11:1149-1153.
- Lindsay, W.L & Norvell, W.A. 1978. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil.Sci. Soc.Am.J.42:421-428.
- López S., Y. Reyes. 1990. Historia de un lago. Rescate 5: 14-15.
- Porta, J., López-Acevedo, M. y Rodríguez, R. 1986. Técnicas y Experiencia Edafología-AEAC. Barcelona
- Ramos, B.R., Cajuste, L.J., Flores, R.D., García, C.N., 2001. Metales Pesados, Sales y Sodio en suelos de chinampa en México. Agrociencia: 35(4).
- Reyes-Ortigoza, A.L. y García-Calderón, N. 2004. Evolución de las fracciones húmicas de suelos en la zona chinampera de la ciudad de México. *Terra Latinoamericana* 22(3):289-298.
- Stevenson F. J 1994. Humus Chemistry Genesis, Composition, Reaction. J Wiley & Sons, Inc. 496 pp.
- Vega Rojas S. E. 2010. Determinación y Cuantificación de Algunos metales pesados en Suelo-Agua-Planta en un Área de la zona lacustre de Xochimilco-Mixquic, DF. Tesis Doct. Fac de Ciencias. UNAM. México, D.F.

EFFECTO DEL ACIDO FULVICO EN EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MELON EN UN BIOESPACIO.

Potisek Talavera M.C.¹; González Cervantes G.¹; Velásquez Valle M.A.¹; Macías Rodríguez H¹; González Barrios J.L.¹

Investigadores del INIFAP-CENID-RASPA.Torreón, Coahuila. México¹

*Autor responsable: potisek.carmen@inifap.gob.mx Kilómetro 6.5 Mástgen Derecho del Canal Sacramento. Gómez Palacio, Dgo.. México. C.P. 35140. Tel. 01 871 1559 0104

Resumen

Los ácidos fúlvicos han despertado un gran interés en los productores del campo; pues entre sus múltiples beneficios posibilitan un mejor aprovechamiento de fertilizantes foliares y radiculares, además de estimular el crecimiento general de la planta, lo cual se traduce en mayores rendimientos y mejor calidad de cosechas. El trabajo se llevó a cabo en el CENID-RASPA, con el objetivo de determinar el efecto del ácido fúlvico bajo dos condiciones de pH (6 y 7) en el desarrollo (altura, diámetro, peso del fruto) y rendimiento del cultivo de melón bajo condiciones de bioespacio.

A los 72 ddt la mayor altura fue de 3.55m y la más baja de 2.02m con la aplicación de ácidos fúlvicos a pH 7 y pH 6 respectivamente. En cuanto a la variable diámetro del tallo a los 72 ddt los valores fueron de 14.09, 11.88 y 11.52 milímetros para los tratamientos AF pH7, AF pH6 y el control respectivamente. El peso de fruto más alto de 2.231a Kg m⁻² fue con la aplicación de ácidos fúlvicos con pH 7, el más bajo peso de fruto fue de 1.645b Kg m⁻² con el tratamiento de ácidos fúlvicos con pH 6. El rendimiento más alto fue de 7.0456a Kg m⁻² con el tratamiento de ácidos fúlvicos pH 7, seguido del tratamiento de ácidos fúlvicos pH 6 con un rendimiento de 5.60b Kg m⁻²; mientras que el rendimiento del tratamiento control fue el más bajo con un valor de 5.2433b Kg m⁻².

Palabras clave: Acidos Fúlvicos; pH; crecimiento; rendimiento; melón

Introducción

En la actualidad la tendencia a utilizar productos orgánicos, permiten a los agricultores incrementar sus rendimientos sin alterar el medio ambiente. En este sentido, los ácidos fúlvicos han despertado un gran interés en los productores del campo; pues entre sus múltiples beneficios posibilitan un mejor aprovechamiento de fertilizantes foliares y radiculares, además de estimular el crecimiento general de la planta, lo cual se traduce en mayores rendimientos y mejor calidad de cosechas. También ayudan a mejorar la estructura del suelo al favorecer la formación de agregados y la reproducción exponencial de microorganismos. El ácido fúlvico es la parte más activa del humus, es soluble en medio ácido, neutro y alcalino, a diferencia del ácido húmico que no es soluble en pH ácido. Esto ocasiona, por ejemplo, que el calcio se precipite en presencia de ácido húmico, mientras que se mantiene en solución en presencia de ácido fúlvico (2000, AGRO).

Una importante diferencia entre los ácidos húmicos (AH) y los ácidos fúlvicos (AF) es que el oxígeno de estos últimos, está considerado como grupos funcionales –COOH, -OH fenólicos, -COO y C=O, unidos a cadenas alifáticas y ciclos aromáticos; mientras que en los AH la mayor proporción de oxígeno, parece estar presente como un componente estructural del núcleo y/o ciclos aromáticos (Schnitzer, 2000; Stevenson, 1994; Stevenson y Schnitzer, 1982). De acuerdo a Zaghoul et al, (2009), la complejación y/o quelatación de cationes, es probablemente el más importante papel de las sustancias húmicas (SH) en los vegetales, ya que al quelatar los iones, dichas sustancias facilitan la disponibilidad de los cationes para algunos mecanismos. Uno de los cuales es prevenir su

precipitación y el otro puede ser la influencia directa en la disponibilidad de los iones. Los AH y los AF pueden complejar y/o quelatar cationes, debido a su alto contenido de grupos funcionales libres. Los grupos funcionales dominantes son los carboxilos, estimados entre 500 y 900 meq/100g para los AH y los oxhidrilos fenólicos, cuya cantidad no es más de 1400 meq/100g para los AF; ya que más del 80 % de la estructura molecular de dichos ácidos, está formada por los grupos funcionales mencionados, por ejemplo, los elementos metálicos son más rápidamente adsorbidos que los alcalino-térreos (Orlov, 1995; Harter y Naidu, 1995; Schnitzer, 2000). Mediante los ajustes del pH en los ácidos fúlvicos puede regularse la adsorción de iones. Rauthan y Schnitzer (1981), trabajando en el cultivo de pepino adicionaron ácidos fúlvicos en concentraciones de 100 mg L⁻¹ de agua, observando incremento en la longitud de raíz en un 31 %, peso del tallo en 81 %, peso de la planta en 130 %, el número de hojas y flores por planta fue de 40 y 145 %, respectivamente, comparado con las plantas donde también se adicionaron AF pero en altas concentraciones. Al adicionar ácidos fúlvicos el hierro es más abundante en tejido vegetal de follaje de tomate (Cuevas, 2001) y el calcio en melón (Serna, 2001). Bajo los antecedentes mencionados se propone como objetivo en la presente investigación:

Objetivo

Determinar el efecto del ácido fúlvico bajo dos condiciones de pH (6 y 7) en el desarrollo (altura, diámetro, peso del fruto) y rendimiento del cultivo de melón bajo condiciones de bioespacio.

Materiales y Métodos

La investigación se llevó a cabo en el área de Agricultura Protegida del CENID_RASPA en Gómez Palacio, Durango, en un bioespacio con una superficie total de 308 m². Las plantas de melón (*Cucumis melo* L.) cv. Cruisier, se obtuvieron en semillero aparte y se trasplantaron al Bioespacio con malla antiáfido, con una densidad de plantas de 34,220 plantas por hectárea en camas meloneras. El trasplante se hizo el 04 de abril del 2012 a una En el laboratorio se realizó el ajuste del pH a 7 y 6 unidades del ácido fúlvico (AF). El valor que registró el pH del ácido fue de 4 unidades, posteriormente se incrementó con una solución de hidróxido de potasio hasta llegar al pH=9 y luego se fue agregando sulfato ferroso hasta disminuir el pH hasta los valores deseados de pH=7 y pH= 6. La primera aplicación de ácidos fúlvicos a razón de 4ml L⁻¹ de agua por planta, se realizó previo al trasplante, aplicando al suelo en forma equitativa alrededor del hoyo donde sería trasplantada la planta. La segunda aplicación de AF se hizo 30 días después del trasplante con la misma cantidad de AF L⁻¹ de agua que en el trasplante y de la misma forma, es decir, alrededor de la planta cuidando no dañar la raíz, como se observa en la Figura 1.

Mediante la técnica de fertirrigación se realizó la incorporación de los fertilizantes. La fertilización se hizo en base a la solución ideal nutrimental universal de Steiner. La solución nutrimental utilizada para el cultivo de melón fue la propuesta por Camacho, (2009). La fertilización consistió en la aplicación de N-NO₃ (7.3 meq), K⁺ (3.7meq), H₂PO₄ (1.2meq) , Ca ⁺⁺(3.5meq), Mg⁺⁺(2meq), HCO₃⁻ (1.5-2meq). Completando la solución ideal con los aportes de suelo en el Bioespacio y el agua correspondientes. La fertilización se hizo dos veces por semana, aplicándose en el primer riego del día durante el desarrollo vegetativo del cultivo. Al inicio de la fructificación se incrementó al triple la cantidad de N-NO₃ y al doble para el Ca y el K hasta la cosecha. Los tratamientos evaluados en el bioespacio son mostrados en el Cuadro 1.



Figura 1. Aplicación de Ácidos Fúlvicos 4ml L^{-1} al suelo

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en un Bioespacio en el cultivo de melón.

Tratamiento	Descripción	Dosis por Planta
1	Acido Fúlvico (AF) pH 7	4ml L^{-1}
2	Control Sin Ácido	
3	Acido Fúlvico (AF) pH 6	4ml L^{-1}

Las variables altura y diámetro del tallo de 18 plantas fueron monitoreadas inicialmente a los quince días después del trasplante (ddt) y con una frecuencia de cada 15 días hasta el inicio de fructificación. Los datos registrados de altura y diámetro del tallo a los 15, 30, 45, 58 y 72 días después del trasplante (ddt) fueron analizados estadísticamente mediante el programa SAS en un diseño de bloques al azar.

Resultados y Discusión

Altura

En los resultados obtenidos del análisis de varianza (ANVA) se observó que el desarrollo del cultivo en cuanto a la variable altura no mostró diferencias estadísticas significativas a los 15, 30, 45 días después del trasplante (ddt), presentando un comportamiento de crecimiento en altura similar tanto con la aplicación de los ácidos fúlvicos con diferente pH (7 y 6) con valores de 0.64m, 0.56m respectivamente a los 15 días después del trasplante; mientras que el testigo mostró una altura de 0.33m. A los 30 y 45 ddt las alturas en los tres tratamientos no mostraron diferencias estadísticas significativas, siendo los valores de 1.22m, 2.06m y 1.03m y 1.36m para los tratamientos con ácidos fúlvicos con pH7 y 6 respectivamente y en las fechas de 30 y 45 ddt. Para el caso del control los valores fueron de 1.09m y 1.4m en las fechas de 30 y 45 ddt respectivamente. A los 72 ddt la mayor altura fue de 3.55m y la más baja de 2.02m con la aplicación de ácidos fúlvicos a pH 7 y pH 6 respectivamente.

Diámetro

Con la aplicación de ácidos fúlvicos a diferente pH (7 y 6) a los 15 y 30 días después del trasplante en la variable diámetro del tallo, los resultados del análisis de varianza (ANVA) no mostraron estadísticamente diferencia significativa entre tratamientos, ni en la interacción bloque por tratamiento. Los valores del diámetro del tallo a los 15 ddt fueron de 4.73, 4.43 y 3.83mm para ácido fúlvico (AF) pH7, control y ácido fúlvico (AF) pH6 respectivamente. A los 30 ddt, los valores del diámetro fueron de 9.0, 8.62 y 7.38 mm en el mismo orden que a los 15 ddt. A los 45 ddt el ANVA

mostró diferencia altamente significativa entre tratamientos y en la interacción bloque por tratamiento a la probabilidad de alfa < 0.01 con valores de 11.89, 10.43 y 9.58 para los tratamientos AF pH7, AF pH6 y el control respectivamente. También hubo diferencia estadística altamente significativa al nivel de probabilidad alfa < 0.01 entre tratamientos a los 72 ddt en esta misma variable con valores de 14.09, 11.88 y 11.52 milímetros para los tratamientos AF pH7, AF pH6 y el control respectivamente. De acuerdo a Benedetti et al. (1990), los efectos de la aplicación de las sustancias húmicas en el suelo sobre los cultivos suelen ser directos sobre la planta, teniendo un comportamiento hormonal y los efectos indirectos cuando actúan sobre el metabolismo de los microorganismos del suelo y la absorción de nutrimentos. Para el caso que nos ocupa, el no haber tenido una respuesta al desarrollo del cultivo de melón en los primeros 45 días después del trasplante tanto en altura como diámetro del tallo, pudo deberse a que la planta apenas está desarrollando su sistema radicular y que al llevarse a cabo la segunda aplicación al mes del trasplante ya el cultivo tiene una mayor cantidad de raíces y se ha iniciado con la fertilización, por lo que los ácidos fúlvicos actúan en la disponibilidad y absorción de los nutrimentos, reflejándose en los incrementos de altura y diámetro del tallo.

En la Figura 1 se muestran los resultados promedios de la variable altura y en base a las pruebas de medias por Tukey, se observó que a partir de los 58 ddt, el incremento en altura destacó en el tratamiento con ácidos fúlvicos a pH7 con un valor de 2.74m; mientras que la altura más baja fue de 1.72m con ácidos fúlvicos a pH6. La misma tendencia se observó a los 72 ddt, donde la mayor altura observada fue con el ácido fúlvico pH7 con un valor promedio de 3.55m y la más baja con el ácido fúlvico a pH6 con un valor de 2.02m. En la Figura 2 se muestran los resultados promedios de la variable diámetro del tallo y en base a la prueba de medias por Tukey, se observó que a partir de los 45 ddt, el incremento en el diámetro destacó en el tratamiento con ácidos fúlvicos a pH7 con un valor de 11.89 mm; mientras que el diámetro más pequeño fue de 9.58 mm en el tratamiento control. La misma tendencia se observó a los 72 ddt, donde el diámetro fue de 14.09 mm con el ácido fúlvico pH7 y el más bajo de 11.52 mm con el tratamiento sin ácido fúlvico. En el Cuadro 2 se muestran los valores de F y los valores de la probabilidad para las variables peso de fruto y rendimiento en base a los resultados del ANVA. Ambas variables mostraron diferencia significativa en cuanto a los tratamientos al nivel de alfa = 0.05. En peso del fruto no hubo significancia en cuanto a bloques, pero sí en la interacción tratamiento * bloque.

El peso de fruto más alto de 2.231a Kg m⁻² fue con la aplicación de ácidos fúlvicos con pH 7, el más bajo peso de fruto fue de 1.645b Kg m⁻² con el tratamiento de ácidos fúlvicos con pH 6. La variable rendimiento no mostró significancia entre bloques, ni en la interacción tratamiento * bloque, como se observa en el Cuadro 2. El rendimiento más alto fue de 7.0456a Kg m⁻² con el tratamiento de ácidos fúlvicos pH 7, seguido del tratamiento de ácidos fúlvicos pH 6 con un rendimiento de 5.60b Kg m⁻²; mientras que el rendimiento del tratamiento control fue de 5.2433b Kg m⁻².

En la Figura 2 se muestran los resultados promedios de la variable diámetro del tallo y en base a la prueba de medias por Tukey, se observó que a partir de los 45 ddt, el incremento en el diámetro destacó en el tratamiento con ácidos fúlvicos a pH7 con un valor de 11.89 mm; mientras que el diámetro más pequeño fue de 9.58 mm en el tratamiento control. La misma tendencia se observó a los 72 ddt, donde el diámetro fue de 14.09 mm con el ácido fúlvico pH7 y el más bajo de 11.52 mm con el tratamiento sin ácido fúlvico.

En el Cuadro 2 se muestran los valores de F y los valores de la probabilidad para las variables peso de fruto y rendimiento en base a los resultados del ANVA. Ambas variables mostraron diferencia significativa en cuanto a los tratamientos al nivel de alfa = 0.05.

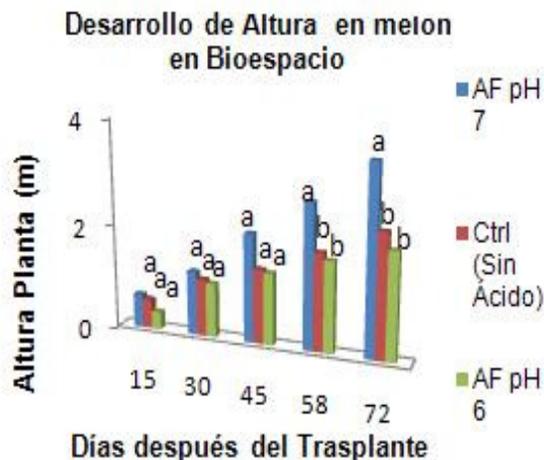


Fig. 1 Valores promedio de altura (m) y Prueba de Tukey con la aplicación de ácidos fúlvicos a pH 7 y 6.

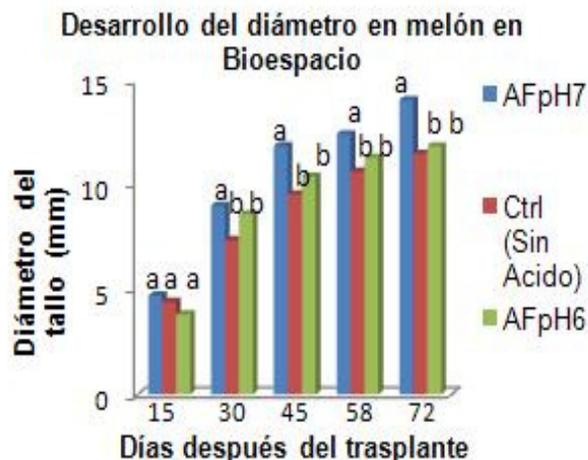


Fig. 2 Valores promedio del diámetro del tallo (mm) y prueba de Tukey con la aplicación de ácidos fúlvicos a pH 7 y 6.

En peso del fruto no hubo significancia en cuanto a bloques, pero sí en la interacción tratamiento *bloque. El peso de fruto más alto de 2.231a Kg m⁻² fue con la aplicación de ácidos fúlvicos con pH 7, el más bajo peso de fruto fue de 1.645b Kg m⁻² con el tratamiento de ácidos fúlvicos con pH 6. La variable rendimiento no mostró significancia entre bloques, ni en la interacción tratamiento * bloque, como se observa en el Cuadro 2. El rendimiento más alto fue de 7.0456a Kg m⁻² con el tratamiento de ácidos fúlvicos pH 7, seguido del tratamiento de ácidos fúlvicos pH 6 con un rendimiento de 5.60b Kg m⁻²; mientras que el rendimiento del tratamiento control fue de 5.2433b Kg m⁻².

Cuadro2.-Valor de F del análisis de Varianza para las variables Peso del fruto y Rendimiento con la aplicación de ácidos fúlvicos a pH7 y pH6.

Variable	Fuente	F-Valor	P > F
Peso Fruto	Tratamientos	4.58	0.0247 *
	Bloque	0.95	0.4048 NS
	Tratamiento*Bloque	4.32	0.0126 *
Rendimiento	Tratamientos	4.76	0.0220 *
	Bloque	0.39	0.6812 NS
	Tratamiento*Bloque	1.15	0.3637 NS

Pr>F Alfa> 0.05

Conclusiones

Con el tratamiento de la aplicación de ácidos fúlvicos con pH 7 en el cultivo de melón, en general la altura y el diámetro del tallo mostraron un mejor desarrollo de las plantas, que con ácidos fúlvicos a pH6 ó bien, sin aplicar los ácidos. A los 72 ddt la mayor altura fue de 3.55m y la más baja de 2.02m con la aplicación de ácidos fúlvicos a pH 7 y pH 6 respectivamente. En cuanto a la variable diámetro del tallo a los 72 ddt los valores fueron de 14.09, 11.88 y 11.52 milímetros para los tratamientos AF pH7, AF pH6 y el control respectivamente. El rendimiento más alto fue de 7.0456a Kg m⁻² con el tratamiento de ácidos fúlvicos pH 7, seguido del tratamiento de ácidos fúlvicos pH 6 con un rendimiento de 5.60b Kg m⁻²; mientras que el rendimiento del tratamiento control fue el más bajo con un valor de de 5.2433b Kg m⁻².

Agradecimientos

Se agradece a la Fundación Produce Durango por su apoyo financiero para la realización de este trabajo.

Bibliografía

2000. AGRO. REVISTA INDUSTRIAL DEL CAMPO. SECCIÓN AGROINDUSTRIA. CONSULTADO EL 03 DE OCTUBRE DEL 2012. <http://www.2000agro.com.mx/agroindustria/acido-fulvico-mas-crecimiento-calidad-y-rendimiento/>
- Cuevas, P. A. 2001. Control de clorosis férrica en tomate por fulvato de hierro. Tesis de Maestría. Departamento de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" (UAAAN), Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Harter, R. D. and R. Naidu. 1995. Role of Metal-Organic Complexation in Metal Sorption by Soils. In *Advances in Agronomy*. (Ed.) D. L. Sparks. Vol. 55:219-263.
- López, S. R. 2009. Comportamiento de tres ácidos fúlvicos en la nutrición y distribución de raíz del chile piquín y Naranja. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. Tesis Maestría. Linares, N.L., México. 74p
- Orlov, D. S. 1995. Humic Substances of the Soil and General Theory of Humification. A. A. Balkema, Publishers, Old Post, Road, Brookfield, VT. USA.
- Rauthan, B. S. and M. Schnitzer. 1981. Effects of a soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*) plants. *Plant and Soil*, 63: 491-495.
- Serna, A. R. M. 2001. Ácido fúlvico en solución nutritiva para mejorar la calidad de plántula y el rendimiento en melón. Tesis de Maestría. Departamento de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" (UAAAN), Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- 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
- Stevenson, F. L. and M. Schnitzer. 1982. Transmission Electron Microscopy of Extracted Fulvic and Humic Acids. *Soil Sci.* 133: 179-185.
- Stevenson, F. J. 1994. *Humus chemistry: Genesis, composition, reactions*. J. Willy and Sons, New York, NY.
- Zaghloul, S. M., El-Quesni, F.E.M and Mazhar, A.A.M. 2009. Influence of potassium humate on growth and chemical constituents of *Thuja Orientalis* L. seedlings. *Ocean Journal of Applied Sciences* 2(1):73-78

MUCÍLAGO DE NOPAL (*Opuntia spp.*) EN SUELO ARCILLOSO Y ARENOSO CON TRIGO (*Triticum aestivum* L.)

García Favela, B.^{1*}; Quintero Lizaola, R.²; Ojeda Trejo, E.³; Trinidad Santos, A.⁴; Alarcón, A.⁵; Espinosa Victoria, D.⁶; González Estrada, E.⁷.

¹Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo. Edo. de México. México.

^{2,3,4,5,6}Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Postgrado en Edafología. ⁷Estadística. Montecillo, Estado de México. México.

*Autor responsable: bgarciafavela@yahoo.com.mx; Calle Carretera México-Texcoco km 38.5 Núm. s/n, Col. Chapingo, Texcoco, Estado de México. México. CP 56230; Tel. +52-595)-9521500-5382

Resumen

Los cladodios de nopal (*Opuntia spp.*) se caracterizan por la producción de mucílago, que es un polisacárido complejo formado por azúcares como: ramnosa, arabinosa, galactosa y xilosa. Por esto se utilizó para evaluar sus efectos en los componentes de rendimiento del cultivo de trigo, se utilizaron dos suelos (arcilloso y arenoso). Los tratamientos (T), fueron: T1=0-0 (Testigo) (mucílago-agua, en porcentaje), T2=10-90, T3=20-80, T4=30-70, T5= 40-60, T6=50-50, T7=60-40, T8=70-30 y T9=80-20. Se estableció un diseño completamente al azar con nueve repeticiones. Los parámetros evaluados fueron: agua consumida, altura de planta, número de hojas, granos (número y peso) además materia seca. Para el suelo arcilloso las diferencias significativas más altas, fueron para los tratamientos: T5, T7 y T9; arenoso: T8 y T9.

Palabras clave: Mucílago de nopal; componentes de rendimiento; trigo; suelos (arcilloso y arenoso)

Introducción

El género *Opuntia* de la familia de las cactáceas, se caracteriza por producir un hidrocoloide que se asemeja a una red, una estructura capaz de sostener grandes cantidades de agua (McGarvie y Parolis, 1979; Ting, 1997). Estudios de Snyman et al., 2004, Duru y Turker, 2005, Matsuhira et al., 2006 y Sepúlveda et al., 2007 sobre la estructura y composición del mucílago de nopal informaron que se trata de un carbohidrato complejo y ramificado, que contiene L-arabinosa, D-galactosa, ácido D-galacturónico, L-ramnosa y D-xilosa. El trigo (*Triticum aestivum* y *T. durum* L.) es uno de los principales cultivos a nivel mundial (Canimolt, 2008). En México la producción fue de 3.3 millones de toneladas, en 2008 (INFORURAL, 2008). Existen diversas definiciones de productividad, y el término suele confundirse con producción. La productividad es una cantidad producida por un vector de insumos (ej. fertilizantes, agua, energía, entre otros). Los estudios fisiológicos tradicionalmente analizan el rendimiento en términos de componentes numéricos. A primera vista parecerá fácil explicar los factores que influyen en el rendimiento en términos de sus componentes, sin embargo, la invariable relación negativa que existe entre ellos, hace esta explicación casi inefectiva. Esto significa que el incremento en un componente no siempre resulta en el incremento en rendimiento de grano, sino que ocasiona una variación compensatoria en otros componentes (Slafer et al., 1996). El objetivo fue evaluar el mucílago de nopal (*Opuntia spp.*) en suelos arcilloso y arenoso en el trigo.

Materiales y Métodos

Se utilizaron dos tipos de suelo: arcilloso y arenoso. El primero se colectó en el Campo

Experimental Bajío (CEBAJ), del INIFAP, se localiza en Celaya, Guanajuato, entre los paralelos 20° 30' 57" y 20° 36' 34" Norte y los meridianos 100° 49' 20" y 101° 06' 40" Oeste (INEGI, 1988b). El segundo se obtuvo en el Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo, dentro de las coordenadas geográficas: 19° 22' y 19° 37' de latitud Norte y entre los 98° 54' y 99° 03' de longitud Oeste. El suelo se secó a temperatura ambiente y se homogenizó con un tamiz del 10. El trabajo experimental se realizó en los invernaderos del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Chapingo en el área de Texcoco, entre 19° 22' 00" y 98° 35' 27" LN y 98° 56' 44" LW (Macedonio, 1998), con una altitud de 2250 msnm. Las pencas de nopal se consiguieron de una huerta de nopales ubicada cerca de la feria del caballo de Texcoco. Las pencas se seleccionaron con tres meses de edad. La extracción del mucilago se realizó con un extractor casero. Las pencas se trozaron en tiras de aproximadamente un centímetro de ancho y largo dependiendo del tamaño, para facilitar la extracción del mucilago. Las unidades experimentales fueron vasos de unicel de 300 mL, se les agregó 200 g de suelo, arcilloso y arenoso respectivamente. Se evaluaron nueve tratamientos, para cada suelo. Se consideró el perfil de humedad del suelo, se determinó las constantes de humedad; capacidad de campo (CC) y punto de marchitamiento permanente (PMP), se obtuvo la humedad aprovechable. Se colocaron 3 semillas por unidad experimental, después de aplicado un riego y el mucilago de nopal, los siguientes riegos y toma de datos fueron cada dos días. Las temperaturas se registraron con dos termómetros de máxima y mínima; la mínima media fue de 13.3°C, la media máxima en 36.5°C y la media normal en 22.2°C. Se evaluó el agua consumida (mL), altura de planta (cm), número de hojas, granos y su peso (g), además materia seca (g). Se realizó el análisis de varianza (ANOVA), prueba de medias (Diferencias Mínimas Significativas -DMS) (Martínez, 1988). Los análisis estadísticos se procesaron con el Sistema de Análisis Estadístico (SAS) de acuerdo a Rebolledo (2002).

Resultados y Discusión

Cantidad de agua

En el suelo arcilloso los tratamientos con 40% de mucilago y 60% de agua, 50% de mucilago y 50% de agua, 60% de mucilago y 40% de agua, 70% de mucilago y 30% de agua y 80% de mucilago y 20%, presentaron los valores más altos de consumo de agua con un valor promedio de 35.93 mL de agua. En cuanto al suelo arenoso, el tratamiento con 80% de mucilago y 20% de agua fue superior estadísticamente a los demás tratamientos (Fig. 1a).

Los mayores consumos de agua del cultivo de trigo, en el suelo arcilloso y arenoso, se encuentran en los tratamientos con mayor cantidad de mucilago, y éste como parte de la materia orgánica, está asociado a las partículas de limo y arcilla (Christensen, 1992; Mathus, 1994). U Hassink *et al.* (1997) menciona que las fracciones de arcilla y limo en suelos arenosos se encuentran libres, mientras que en suelos arcillosos forman densos paquetes de agregados. Por lo tanto, la superficie específica disponible para retener residuos orgánicos incorporados es mayor en suelos arenosos que en suelos arcillosos. De éste modo la disponibilidad de agua en estos suelos arenosos es mayor que en los arcillosos, aunque se pierde fácilmente debido a su débil tensión que ejercen las partículas del suelo sobre las moléculas de agua. La diferencia radica en que los suelos arcillosos los procesos de pérdida de agua no son tan intensos como en los arenosos.

Para la altura de planta (cm), el suelo arcilloso (Fig. 1b) presentó diferencias estadísticas, en los tratamientos con 60% de mucilago y 40% de agua, con 20% de mucilago y 80% de agua y con 10% de mucilago y 90% de agua, cuyos valores fueron de 13.44, 9.44 y 8.55 cm, respectivamente. Para el suelo arenoso (Fig. 1b) se observaron diferencias significativas en los tratamientos con 70% de mucilago y 30% de agua, con 10% de mucilago y 90% de agua y con 50% de mucilago y 50% de agua. Los factores de altura de la planta no han sido estudiados recientemente en gran medida. La dificultad de utilizar altura de la planta como un factor para predecir mejor el potencial de rendimiento es que debe ser acoplado con algún otro parámetro que tome en cuenta la variabilidad espacial de las plantas. Mallarino *et al.* (1999) observaron que esta variable no esté relacionada con el rendimiento en un campo debido a que el rango de variación está por encima o por debajo del rango

que influye en rendimientos. Sin embargo, Machado *et al.* (2002) encontraron que la altura de planta explicó 61% de la variación en el rendimiento de grano en el maíz. Estudios realizados en la Universidad Estatal de Iowa mostraron que en tres de los cinco campos de maíz, una buena relación se encontró entre el rendimiento y la altura (Mallarino *et al.*, 1999). El trabajo de maíz en Oklahoma State University sugiere que la altura de la planta puede ser un indicador confiable de la biomasa y rendimiento de grano final por planta.

Número de hojas

Para el número de hojas, en el suelo arcilloso los tratamientos con 40% de mucílago y 60% de agua, 50% de mucílago y 50% de agua, 60% de mucílago y 40% de agua (Fig.1c). El promedio del número de hojas para los primeros tres tratamientos fue de 6.1, mientras que para el tratamiento con 10% de mucílago y 90% de agua fue de 4.2. Los mejores tratamientos para número de hojas fueron con 40% de mucílago y 60% de agua, 50% de mucílago y 50% de agua y 60% de mucílago y 40% de agua.

Para el suelo arenoso (Fig. 1c), altura de planta, el análisis de varianza ($\alpha=0.05$) mostró diferencias estadísticas. Éstas se reflejaron en los tratamientos con 70% de mucílago y 30% de agua, 60% de mucílago y 40% de agua y 50% de mucílago y 50% de agua. Los tratamientos con 50% de mucílago y 50% de agua y 60% de mucílago y 40% de agua estadísticamente son iguales, pero diferentes al tratamiento con 70% de mucílago y 30% de agua. Los valores para los tratamientos con 70% de mucílago y 30% de agua, 60% de mucílago y 40% de agua y 50% de mucílago y 50% de agua fueron los siguientes: 6.88, 5.22 y 5. Lo cual muestra que el mejor tratamiento fue con 70% de mucílago y 30% de agua.

La dificultad de establecer relaciones positivas entre fotosíntesis y rendimiento se debe a la multitud de factores que influyen en este último. Las evidencias en estudios de sombreado, aclareo y área foliar, implican la innegable importancia de la fotosíntesis en el rendimiento (Fischer, 1975; Fischer y Laing, 1976). Un mejor entendimiento de la relación fotosíntesis y rendimiento son necesarios para la elección de estrategias de mejoramiento vía fotosíntesis.

Peso de grano

En el suelo con textura arcillosa (Fig. 1d) los tratamientos con 40% de mucílago y 60% de agua, 70% de mucílago y 30% de agua, Testigo y 10% de mucílago y 90% de agua presentaron diferencias estadísticas ($\alpha=0.05$). El peso de los granos para cada uno de los tratamientos mencionados fue: 0.461, 0.283, 0.138 y 0.138, respectivamente.

Para el suelo arenoso (Fig. 1d), los tratamientos con 80% de mucílago y 20% de agua y 10% de mucílago y 90% de agua, presentaron diferencias estadísticas ($\alpha=0.05$). El peso de los granos para cada uno de los tratamientos fue de 0.238 y de 0.116, respectivamente.

El Peso del grano se define durante el período de llenado (Abbate *et al.*, 1994). Las altas temperaturas durante el período de llenado, reducen el peso potencial (Fischer y Hilleris-Lambers, 1978) y la duración del período de llenado (Wiegand y Cuellar, 1981), pero incrementan la tasa diaria de llenado (aumento en peso por grano por día) (Sofield *et al.*, 1974), produciendo un efecto compensatorio en ciertas circunstancias.

Número de granos

La Fig. 1e, muestra los resultados obtenidos para el número de granos p en suelo arcilloso. El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($\alpha=0.05$) en los tratamientos con 40% de mucílago y 60% de agua, 50% de mucílago y 50% de agua, Testigo, 10% de mucílago y 90% de agua, 20% de mucílago y 80% de agua, cuyos valores se muestran a continuación: 10.778, 6.778, 2.889, 4.111 y 3.333, respectivamente.

En el suelo arenoso (Fig. 1e) hubo diferencias significativas ($\alpha=0.05$) en los tratamientos con 30% de mucílago y 70% de agua y 80% de mucílago y 20% de agua que estadísticamente fueron iguales entre ellos, pero diferentes a los tratamientos Testigo y 10% de mucílago y 90% de agua. Con los valores: 6.222, 6.111, 3.0 y 2.778, respectivamente. El incremento del número de granos, es debido a un aumento en el número de granos por espiga, lo que conduciría a un mayor número de granos de menor peso. Esto implicaría un mayor número de granos en tallos tardíos, lo que en turno implica también menor peso de grano. Independiente de cual fuera la explicación más adecuada, lo cierto es

que el conocimiento de las bases que determinan esta correlación negativa es esencial para poder asegurar mayor probabilidad de éxito en el mejoramiento genético para incrementar el número de granos. La definición del número de granos se produce a lo largo de las distintas etapas del cultivo y dentro de la etapa reproductiva. Sin embargo, no todas esas etapas tienen igual importancia relativa en el logro del número de granos por m² ya que como ha sido antes mencionado existe un período crítico para la definición de dicho componente (Fischer, 1984).

Siendo que la radiación afecta al número de granos a través de su relación lineal positiva con la tasa de crecimiento del cultivo, y la temperatura lo afecta negativamente, acelerando el desarrollo, es posible pensar que el número de granos (y en muchos casos el rendimiento) depende de estos factores durante el período crítico definido alrededor de antesis.

Materia seca

Para el suelo arcilloso (Fig.1 f), se presentaron diferencias significativas en los tratamientos con 40% de mucílago y 60% de agua, 20% de mucílago y 80% de agua y 10% de mucílago y 90% de agua. Los valores para materia seca de cada uno de los tratamientos fue: 0.555, 0.333 y 0.272, respectivamente. En el suelo arenoso (Fig. 1f), se presentaron diferencias estadísticas ($\alpha=0.05$) en el tratamiento con 40% de mucílago y 60% de agua, que presentó el valor más alto con 0.555 g; siendo diferente a los tratamiento Testigo, con 10% de mucílago y 90% de agua y 20% de mucílago y 80% de agua, cuyos valores fueron: 0.366, 0.272 y 0.333, respectivamente.

Los tratamientos con 30% de mucílago y 70% de agua, 50% de mucílago y 50% de agua, 60% de mucílago y 40% de agua, 70% de mucílago y 30% de agua y 80% de mucílago y 20% de agua, estadísticamente fueron iguales. Los incrementos en el rendimiento de grano pueden ser atribuidos a cambios en el rendimiento biológico o biomasa total, índice de cosecha (rendimiento de grano sobre biomasa total) o ambos.

La mayoría de los autores que han estudiado las bases fisiológicas del mejoramiento del rendimiento de grano concluyen que la biomasa aérea total a la madurez no ha sufrido cambios substanciales a través de la historia del mejoramiento genético de trigo (Austin *et al.*, 1980; McEwan y Cross, 1979; Sinha *et al.*, 1981; Waddington *et al.*, 1986; Cox *et al.*, 1988; Austin *et al.*, 1989).

Esto significa que la biomasa aérea total poco ha tenido que ver con el aumento en el rendimiento de grano. Se considera que una proporción de la materia seca producida ha sido incrementada a través de mejoramiento genético y la biomasa aérea solo ha sido ligeramente modificada, estos progresos en rendimiento son debidos a incrementos en el índice de cosecha. Se tienen reportes en donde se ha encontrado una fuerte asociación entre estos dos caracteres (Slafer y Andrade, 1993). Hay otros reportes de índices de cosecha del orden de 50% y valores hasta de 62% (Austin *et al.*, 1980). El mejoramiento del rendimiento de grano en el futuro puede ser acelerado o complementado al utilizar atributos fisiológicos, en la selección de progenitores y en generaciones segregantes.

Conclusiones

Suelo arcilloso, la cantidad de mucílago de nopal afectó de manera significativa todos los componentes de trigo evaluados: agua consumida(Ac), altura de planta(Ap), número de hojas(Nh), peso(Pg), número de granos(Ng) y materia seca(Ms). El mejor tratamiento para los seis componentes de rendimiento mencionados, fue el tratamiento: T40-60. Cantidad de aAc y Nh, T50-50 y T60-40 presentaron diferencias significativas altas.

Asimismo, Ap y Nh presentaron diferencias significativas en el T60-40. Por último, Ac también afectó el T80-20.

Suelo arenoso, Ap, Nh y Ms el mejor tratamiento fue T70-30. Mientras que para Ac, Pg y Ng, el mejor fue T80-20%. Además, Ac y Ng fueron afectadas también los T50-50 y T30-70 respectivamente.

Las diferentes dosis del mucílago de nopal tanto en el suelo arcilloso y arenoso, tuvieron un efecto significativo en los componentes de rendimiento, cualidad que lo puede hacer útil en otros trabajos de investigación.

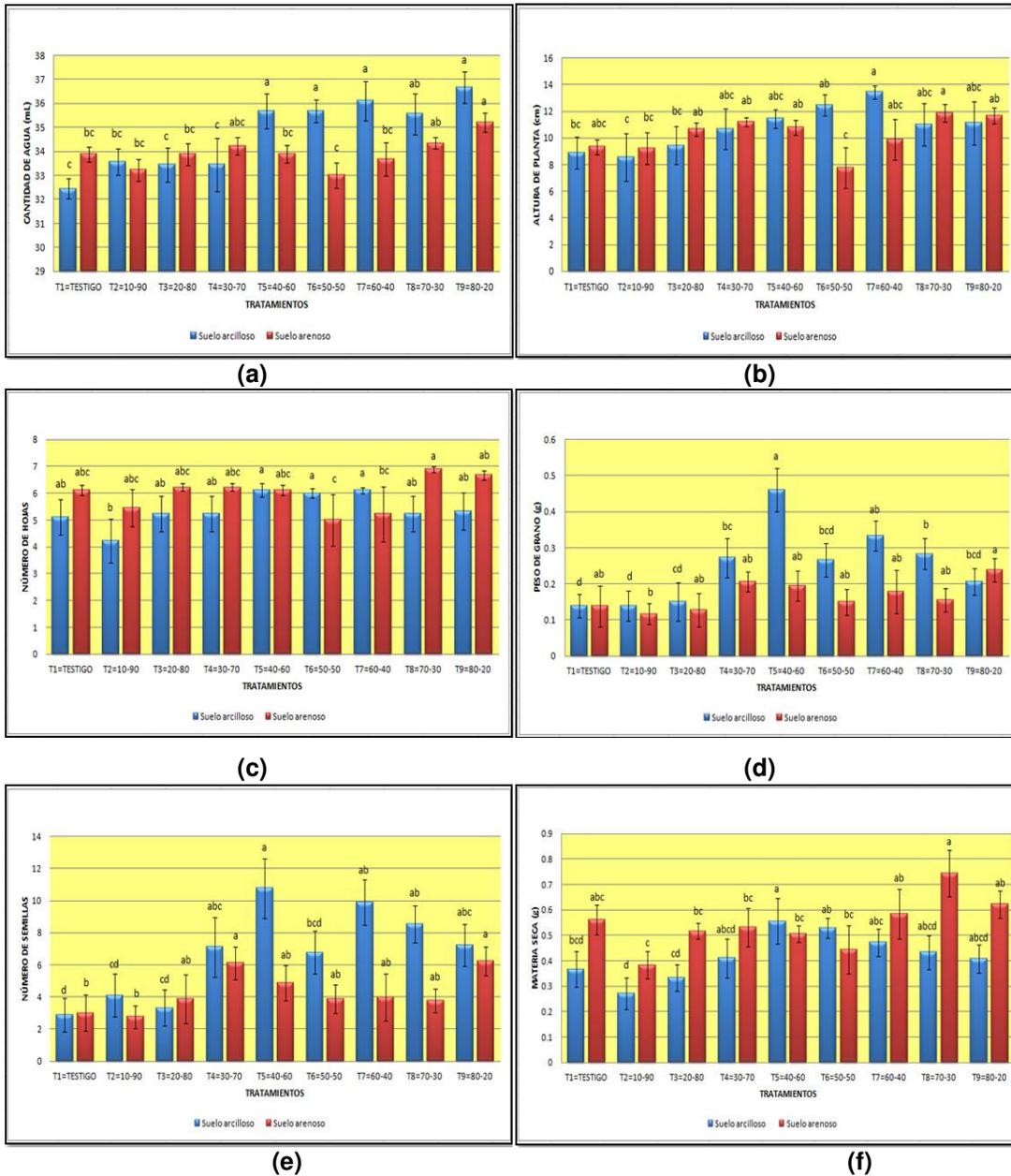


Fig. 1. Componentes de rendimiento en trigo, con dosis crecientes de mucílago de nopal en invernadero a) Consumo de agua (mL), b) Altura de planta (cm), c) Número de hojas, d) Peso seco de grano (g), e) Número de granos, f) Materia seca (g).

*Barras con la misma literal, para cada tipo de suelo, indican valores estadísticamente similares ($\alpha=0.05$).

Bibliografía

- Abbate, P. E., F. Andrade y J. P. Culot. (1994). Determinación del rendimiento de trigo. *Boletín Técnico* N° 133, INTA EEA Balcarce; Bs. As., Argentina: 5-17.
- Austin, R. B., C. L. Morgan, M. A. Ford y S. C. Bhagwat. 1982. Flag leaf photosynthesis of wheat (*Triticum aestivum* L.) and related diploid and tetraploid species. *Ann. Bot.* 49: 177.
- Austin, R. B., J. Binham, a.o. Blackwell, L.T. Evans, M. A. Ford, C. L. Morgan y M. Taylor. 1980. Genetic improvements in winter wheat yield since 1900 and associated physiological changes. *Journal of Agricultural Science.* 94: 675.
- Austin, R. B., M. A. Ford y C. L. Morgan. 1989. Genetic improvement in the yield of winter wheat: A further evaluation. *J. Agric. Sci.* 162: 49.
- Bertino, G., Pizzani, S. Faraldo, ML. 2010. Efectos del distanciamiento entre hileras sobre el llenado de grano en trigo de diferentes ciclos en la región semiárida pampeana. *Revista de la Facultad de Agronomía.* Vol 21, pp 48-49
- Bridges, I. G. y M. B. Wilkins. 1973. Morphology of the wheat plant. *In: Ouinsenberry, K. S. and L. P. Reitz (ed.). "Wheat and wheat improvement".* 1nd. ed. Madison, WI. USA, American Society of Agronomy. P. 89-116. (Agronomy No. 13)
- Briggle, L.W. 1967. Morphology of the wheat plant. *In: Ouinsenberry, K. S. and L.P. Reitz (ed.) Wheat and wheat improvement.* 1st ed. Agronomy 13: 89-116.
- Bugbee, B. 1980. Carbon use efficiency in optimal environments. SAE Technical Paper Series 891572, The engineering Society for Advance mobility Land Sea Air and Space, Warrendale PA. p. 1.
- Cambell, W. P., J. W. Lee, T. P. O'Brien, y M. G. Smart. 1981. Endosperm morphology and protein body formation in developing wheat grain. *Aust. J. Plant Phys.* 8: 5-20.
- Carver. B. F., R. C. Jhonson y A. L. Rayburn. 1989. Genetic analysis of photosynthetic variation in hexploid and tetraploid wheat and their interspecific hybrids. *Photosynth. Res.* 20: 205.
- Christensen, B. T. 1992. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. *Adv. Soil Sci.* 20: 1-90.
- Cook, R. J., y R. J. Veseth. 1991. *Wheat health management.* St Paul Minnesota. APS Press.
- Cox T.8., Shoroger, J.P., Ben-Hui, L. Sears, R.G. y Martm, T.J. 1988. Genetic improvement in agronomic traits of hard red winter wheat cultivars from 1919- 1987. *Crop. Sci.* 28: 756-760.
- Dayanandan, P., F. V. Hebard, V. D. Baldwin y P. B. Kaufman. 1977. Structure of gravity-sensitive sheath and internodal pulvini in grass shoots. *Am. J. Bot.* 64:1189- 1199.
- Dornbos, D. L. Müllen, R. E. 1991. Influence of stress during soybean seed fill on seed weight, germination and seedling growth rate. *Can. J. Plant Sci.* 71: 373-383.

Simposium *Manejo y Producción Orgánica*

FERTILIZACIÓN ORGÁNICA PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTA DE *Agave cupreata*

Acosta Arreola, M. F.¹; González González, A.¹; Cárdenas Navarro, R.¹; Quiñones Aguilar, E. E.²; Rincón Enríquez, G.²; Fernández Pérez, A.³; López Pérez, L.^{1*}

¹ Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Tarímbaro, Michoacán. México.

² Unidad de Biotecnología Vegetal-CIATEJ. Guadalajara, Jalisco. México.

³ Instituto Tecnológico Agropecuario del Valle de Morelia. Morelia, Michoacán. México.

*Autor responsable: lexquilax@yahoo.com.mx; Km. 9.5 Carretera Morelia-Zinapécuaro, Tarímbaro Michoacán. México. CP 58880; Tel. +52(443)-295-8323

Resumen

El *Agave cupreata* es una especie de gran importancia para los productores de mezcal, pues representa la principal fuente de materia prima para la elaboración de mezcal. A diferencia de otras especies de agave, el *A. cupreata* no es capaz de propagarse vegetativamente por lo que su único método de propagación es a través de semilla. Para esto, los productores establecen almácigos rústicos donde propagan la semilla generalmente en condiciones de traspatio y con un manejo agronómico mínimo. Generalmente no fertilizan por considerar que esta planta debido a su rusticidad no lo requiere. Por lo que en este trabajo se evaluó, el efecto de la fertilización orgánica sobre la germinación de semillas y crecimiento de plantas de *Agave cupreata* en almácigo bajo condiciones de campo. Se establecieron almácigos donde se evaluó la aplicación de: micorriza (M), composta de caña de azúcar (CPT), guano de murciélago (G), una mezcla de GMC y sin aplicación de abono (CTL), al momento de la siembra. En general los resultados mostraron un efecto positivo sobre el crecimiento de las plantas cuando se aplicó la fertilización orgánica. El tratamiento que incrementó significativamente el peso fresco de las plantas, el área foliar y número de hojas al final del ensayo respecto al control fue GMC seguido de CPT. Se puede concluir que la fertilización orgánica es una práctica recomendada para obtener plantas más vigorosas y reducir los tiempos de permanencia en vivero.

Palabras clave: Propagación; composta; micorriza; guano; crecimiento

Introducción

La propagación de *Agave cupreata* se realiza a través de semilla en viveros rústicos que los propios productores elaboran. Sin embargo, no cuentan con ningún tipo de conocimiento sobre prácticas agrícolas a realizar durante esta etapa que es de gran importancia para su posterior trasplante a campo. Además por considerar al agave como una planta de lento crecimiento y que principalmente crece en suelos pobres, los productores tienen la idea de que esta planta no requiere del uso de fertilizantes o abonos orgánicos. Sin embargo, estudios revelan que el agave es un cultivo que necesita sobre todo de nitrógeno, potasio y calcio para un buen crecimiento y desarrollo (Nobel y Valenzuela, 1987; Zuñiga-Estrada *et al.*, 2004). En estudios de fertilización en agave tequilana, la fertilización química se sugiere después de un año de plantado el agave. La dosis recomendada es de 75 g.planta⁻¹) dirigido a la base de la planta. También se recomienda aplicar estiércol de bovinos, caprinos, ovinos, equinos, porcinos, aves o composta, bien seco en dosis de 1 a 2 Kg por planta cada año. Por otro lado, la adición de materia orgánica es fundamental para el desarrollo del cultivo de agave, ya que ayuda a dar una mejor estructura al suelo, además de funcionar como un buffer que reduce cambios de pH. También actúa como acondicionador del suelo, incrementando la capacidad

de intercambio catiónico. Como fuentes de materia orgánica, se aplican estiércoles maduros (no más que 170 Kg de N ha⁻¹año⁻¹), gallinaza o pollinaza, rocas fosfóricas, sulfato de potasio, compostas aeróbicas, lombricompostas líquidas y/o sólidas, guanos de aves o de murciélagos, extractos líquidos o sólidos de algas marinas, mezclas con bacterias fijadoras de nitrógeno (Azolla, Azospirillum, Azotobacter), concentrado de pescado, entre otros. Trabajos en agave victoriana con fertilización química, ponen énfasis en nutrimentos como nitrógeno, fósforo y potasio. Zuñiga-Estrada et al. (2004), reportaron que plantas de agave con una fertilización química de base con fosfato monoamónico y nitrato de potasio, incrementó 6.7 veces más la producción de materia seca de las plantas respecto al tratamiento sin fertilización. También mencionan que la extracción de nutrimento N, P y K por las plantas fertilizadas fue superior 8.9, 5.0 y 7.7 veces más que la extracción que registro el tratamiento testigo. Por otro lado, Pacheco (2007) evaluó la respuesta de *Agave angustifolia* a diferentes fertilizantes de liberación lenta y encontró efectos positivos en la altura de planta, diámetro de tallo, °Brix y contenido nutrimental en hojas. Por otra parte, no se cuentan con estudios realizados con el uso de abonos orgánicos en agave cupreata en etapa de vivero. Por lo anterior se tiene claro que, existe un desconocimiento por parte de los productores sobre la fertilización en este cultivo y sobre todo en el uso de abonos orgánicos desde la etapa de vivero y hasta cuando está establecida en campo. Por lo que el objetivo de este trabajo fue, evaluar la aplicación de fertilizantes orgánicos sobre la germinación de semillas de *Agave cupreata* y su posterior crecimiento en almácigo bajo condiciones de campo.

Materiales y Métodos

El experimento se estableció en la comunidad de Etúcuaro, Mpio. de Madero en el Edo. de Michoacán; se localiza entre las coordenadas 19°25'07.7" LN y 101°11'28.3" LO a una altura de 1540 msnm. Este municipio es el principal productor de mezcal y cuenta con la mayor superficie de plantación. Se utilizó semilla de *Agave cupreata* proporcionada por productores cooperantes, la cual se colectó en el año 2011. Se establecieron almácigos de 1.5 X 2.5 X 0.4 m (ancho, largo y alto respectivamente), en una parcela de un productor cooperante. Se evaluaron tres tipos de fertilizantes orgánicos: un producto comercial a base de hongos micorrízicos Endomic® (MICO); un guano de murciélago líquido GuanoBamp (G); composta elaborada a base de caña de azúcar (CPT); una mezcla de los anteriores (GMC) y un tratamiento sin fertilización (CT). Para el tratamiento MICO, después de sembrar la semilla se cubrió con la micorriza a razón de 2 kg por almácigo. Para el tratamiento G se aplicó 5 L del producto asperjado después de sembrar las semillas a una proporción de 1:1 (v/v). En el tratamiento CPT, previo a la siembra se le adicionó al suelo la composta en una proporción de 1:1 v/v. En el tratamiento consistente en la mezcla GMC, primero se hizo la mezcla de suelo y composta (1:1 v/v), posteriormente se adicionó la micorriza, se sembró la semilla y al final se adicionó el guano. En el tratamiento CT no se aplicó fertilizante alguno. Posterior a la aplicación de cada uno de los tratamientos, la semilla se cubrió con una fina capa de suelo arneado y se dieron riegos cada vez que la capa superior de suelo mostrara sequedad. Cada tratamiento fue repetido tres veces. Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre la germinación y crecimiento de las plantas de agave, a los 15 días después de la siembra (dds) se evaluó el porcentaje de germinación y posteriormente cada 90 dds y durante un año, se evaluó el área foliar, el número de hojas, el peso fresco de la planta, y largo y ancho de la última hoja extendida. Con los resultados obtenidos se hicieron ANVA de una vía y cuando el resultado mostró significancia, se realizó la prueba de Tuckey (P<0.05) para diferenciar los tratamientos.

Resultados y Discusión

Para evaluar el efecto de la fertilización orgánica sobre cualquier especie vegetal, los incrementos de variables de crecimiento como número de hojas, peso fresco de la planta, área foliar, entre otros, son parámetros confiables de estimación proceso (Rivera-Espinoza et al., 2011). En este trabajo, para el porcentaje de germinación no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos. Se

obtuvo en promedio un 85% de germinación lo cual es considerado alto. Respecto a las demás variables evaluadas, se observó un efecto positivo en el crecimiento de plantas tratadas respecto al control y fue en mayor magnitud cuando se aplicó CMP y GMC (Fig. 1).



Figura 1. Aspecto de las plantas de *Agave cupreata* a los 270 días después de la siembra. De izquierda a derecha control, micorriza (MICO), composta (CMP), guano (G) y la mezcla de los fertilizantes (GMC).

El análisis completo de los datos al final del ensayo, solo mostró diferencias estadísticas significativas en AF ($P < 0.001$) y largo de hoja ($P < 0.01$). Sin embargo al analizar la dinámica durante el tiempo del ensayo de las variables evaluadas, se encontró en general para todas que, a partir del segundo muestreo se presentaron diferencias significativas entre tratamientos. Para el AF se encontró que a partir de los 180 dds, los tratamientos de GMC y CMP aumentaron su valor respecto a los demás y mantuvieron esta tendencia hasta el final (Fig. 2). A los 300 dds, el tratamiento GMC alcanzó el mayor valor de AF con 355 cm^2 , siendo estadísticamente diferente a los otros y superando por 2.5 veces al control.

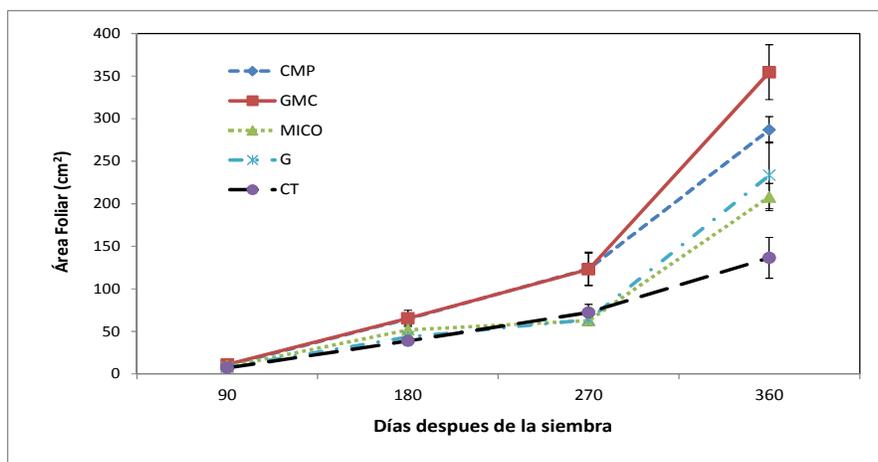


Figura 2. Efecto de la fertilización orgánica sobre la dinámica del área foliar en plantas de *Agave cupreata*. Cada punto representa la media de nueve datos y la barra vertical indica el error estándar.

Respecto al peso fresco de la planta, se encontró una respuesta similar a lo observado en el AF. La aplicación de fertilización orgánica, incrementó el peso fresco de las plantas; sin embargo, este incremento fue significativo estadísticamente a partir de los 270 dds y solo en los tratamientos CMP y GMC. Al final del ensayo el tratamiento que obtuvo el mayor peso fresco de plantas fue GMC con un promedio de 84 g por planta siendo tres veces más que lo alcanzado en el control (Fig. 3).

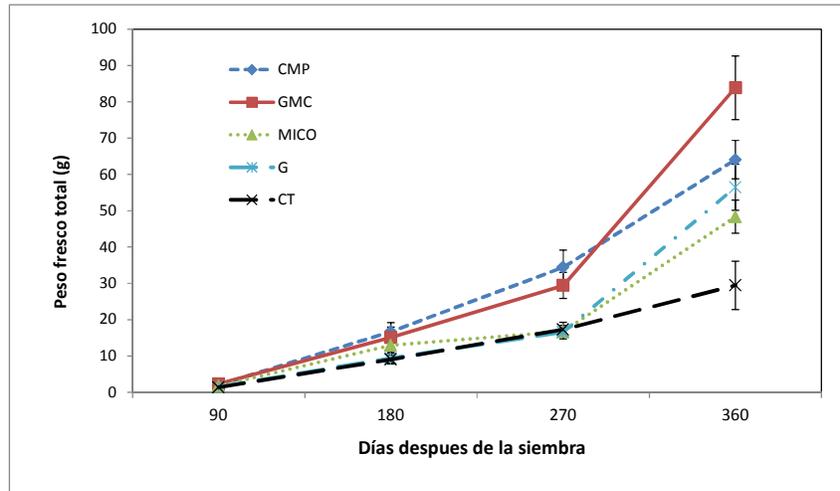


Figura 3. Efecto de la fertilización orgánica en el peso fresco de plantas de *Agave cupreata*. Cada punto representa la media de nueve datos y la barra vertical indica el error estándar.

Para la variable NH no se observó gran diferencia entre tratamientos durante los primeros tres muestreos (Fig. 4). Sin embargo, a partir de los 270 dds y hasta el final del experimento, se observó un efecto positivo de la aplicación de la fertilización orgánica. El tratamiento GMC desarrolló el mayor número de hojas y a los 360 dds tuvo 12 hojas en promedio por planta, siendo este valor dos veces más que el NH en el tratamiento control. Le siguió en producción de hojas G y MICO, sin embargo estos fueron estadísticamente iguales.

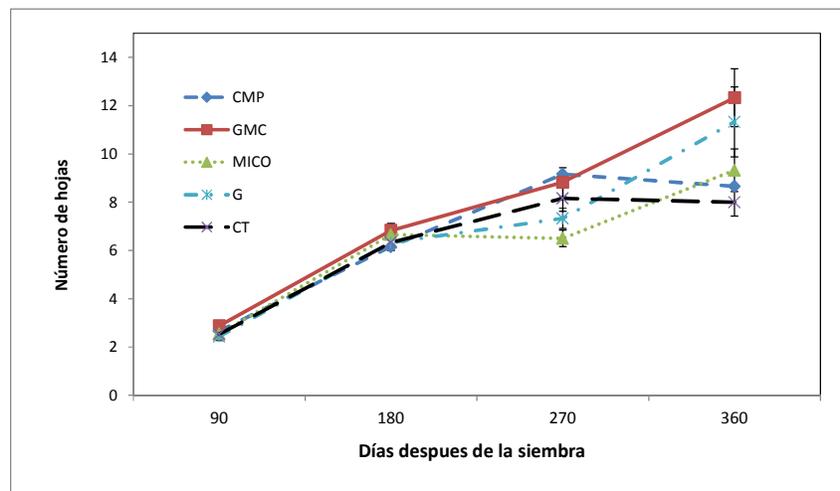


Figura 4. Efecto de la fertilización orgánica en el número de hojas plantas de *Agave cupreata*. Cada punto representa la media de nueve datos y la barra vertical indica el error estándar.

Finalmente, la evolución del resto de las variables evaluadas en este trabajo durante el tiempo del ensayo, presentaron una dinámica similar a las anteriormente mostradas. Siendo en el tratamiento donde se mezclaron los diferentes fertilizantes orgánicos donde se obtuvieron los mejores resultados (datos no mostrados).

Conclusiones

El crecimiento de las plantas de *Agave cupreata*, establecidas en almácigos en condiciones de campo, fue afectado positivamente por la aplicación de fertilizantes orgánicos al momento de la siembra. El tratamiento con la combinación de guano, micorriza y composta mostró el mejor efecto en todas las variables evaluadas en este trabajo. Por lo que, para obtener plantas de agave cupreata más vigorosas es recomendable la aplicación de este tipo de productos como una alternativa biotecnológica para el establecimiento de viveros de propagación de esta especie.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto intitulado “Producción de plantas de *Agave cupreata* en campo e invernadero utilizando diferentes fuentes abono orgánicos”; financiado por la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo dentro del Programa de Investigación 2013. El primer y segundo autor agradece la beca de licenciatura otorgada por el CECTI-Michoacán a través del Programa Becas – Tesis 2013. Así mismo, los autores agradecen el apoyo brindado por los productores cooperantes.

Bibliografía

- Nobel, P. and Valenzuela, Z.A: 1987. Environmental responses and productivity of the CAM plant. *Agave tequilana* (W). *Agricultural Forest Meteorology*. 39: 319 – 334.
- Pacheco-Ramírez, A.J. 2007. Efecto de fertilizantes de liberación lenta en maguey mezcalero (*Agave angustifolia* Haw.). Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales. IPN. Oaxaca, México.
- Rivera-Espinoza, R.A., Martín-Cárdenas J.V., Calderón-Puig A. y A. Torrez-Hernández. 2011. Utilización de cepas eficientes de hongos micorrízicos arbusculares en el desarrollo de portainjertos de aguacate en un sustrato suelo-cachaza. *Cultivos tropicales* 32: 172-183.
- Zuñiga-Estrada., López, C.R., Zuñiga, E. M.; Peña, C.R. y Canales, A. J. 2010. Acumulación de N, P y K en la materia seca de la planta de agave (*Agave azul tequilana*) en Tamaulipas. *Memorias in extenso. XXXV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo y XIII Congreso Internacional de Ciencias Agrarias*. Mexicali B.C. pp. 275-278.

PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA DE PEPINO Y CALABACITA EN SUSTRATO COMPLEMENTADO CON GALLINAZA Y BIOSÓLIDO

Carballo Méndez, F. J.¹; Rodríguez Ortiz, J. C.^{2*}; Alcalá Jáuregui, J. A.²; Ruíz Espinoza, F. H.³; Rodríguez Fuentes, H.⁴, y Díaz Flores, P. E.²

¹Estudiante de Maestría en Producción Agropecuaria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P., México.

²Profesor-Investigador. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P., México.

³Profesor-Investigador. Departamento de Agronomía, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, B.C.S., México.

⁴Profesor-Investigador. Facultad de Agronomía, UANL, , Escobedo, N. L., México.

*Autor responsable: jcrodot@uaslp.mx; Carretera San Luis Potosí-Matehuala km 14.5. Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P., México. Tel. 01-444-852-4056 Ext. 1133.

Resumen

Con el objetivo de evaluar el efecto de la gallinaza y biosólido como complementos de sustrato en la producción de plántulas de pepino (*Cucumis sativus* L.) y calabacita (*Cucurbita pepo* L.), se realizó el presente ensayo en una estructura protegida tipo túnel cubierta con plástico difuso y malla sombra de 30%. Se emplearon charolas de poliestireno de 242 cavidades y el sustrato base fue la turba de *Sphagnum* marca Kekilla® mezcla DSM 05W. Los resultados muestran que para pepino las dosis más apropiadas de biosólido fueron de 100 y 200 gr/charola; mientras que de gallinaza fue de 150 gr/charola. En cuanto a calabacita con biosólido fue de 50 g/charola y para gallinaza 200 g/charola. Tanto en pepino y en calabacita los complementos orgánicos superaron en calidad de plántula al tratamiento testigo (sin complemento). Lo anterior puede representar un ahorro de turba (peat moss) hasta de 16 % para el productor.

Palabras clave: Plántula; gallinaza; biosólido

Introducción

La producción de plántula de hortalizas, para su trasplante en campo, representa el inicio de las actividades del proceso productivo. El resultado que se logre de esta primera fase repercutirá en el resto de las etapas fenológicas del cultivo, por lo que es importante que se obtengan plántulas de alta calidad, esto es, excelente desarrollo de raíces, tallos robustos, hojas nutridas, adecuado balance y completamente sanas. El medio de desarrollo, sustrato, tiene un rol principal en estos primeros días de vida de las plantas. Debe permitir una adecuada oxigenación a las raíces, retener suficiente agua y deberá de nutrir o permitir una adecuada nutrición (Márquez *et al.*, 2008). Es común, en sistemas de mediana y alta tecnología, el uso de turba de *Sphagnum* (peat moss), con una nutrición basada solo en la aplicación de fertilizantes químicos sintéticos.

Pocos estudios se han enfocado a evaluar otros sustratos que de manera parcial o total puedan proveer las condiciones de desarrollo apropiada a las plántulas (Preciado *et al.*, 2002). Ante la permanente elevación de los costos de los insumos agrícolas en México, entre ellos el peat moss y fertilizantes, se contempla utilizar materiales que puedan ser alternativas reales para la producción. Entre ellas se tiene a los abonos de diferentes especies de animales de granja y a los biosólidos de plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas (PTAR) (Utría-Borgues *et al.*, 2008). Ambos poseen propiedades físicas y químicas tanto para proveer de sostén, así como de nutrir a las plantas (Olivares, 2001). Además, pueden ser utilizados con seguridad para la salud humana debido al

respaldo de las normas oficiales como la NOP-USDA (USDA, 2013) y la NOM-004-SEMARNAT-2002, respectivamente (DOF, 2003).

Por lo anterior, se realizó el presente experimento que evalúa el efecto de la gallinaza y de biosólido como complementos de sustrato en la producción de plántulas de pepino (*Cucumis sativus* L.) y calabacita (*Cucurbita pepo* L.).

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó del 19 de julio al 7 de agosto del 2013 en instalaciones de Invernaderos Goyo ubicados en Villa de Pozos, San Luis Potosí, México. Se utilizó una estructura protegida tipo túnel cubierta con plástico difuso y malla sombra de 30%. Se emplearon charolas de poliestireno de 242 cavidades y el sustrato base fue la turba de *Sphagnum* marca Kekilla® mezcla DSM 05W.

Todos los tratamientos recibieron una nutrición a través de fertilizantes químicos sintéticos complejos que realiza el productor (tres aplicaciones por semana) y que utiliza solamente turba como sustrato. Los tratamientos evaluados complementaron dicho manejo del sustrato y de la nutrición, siendo estos los tratamientos estudiados (gramos adicionados por charola): 1) 50 gr de gallinaza; 2) 100 gr de gallinaza; 3) 150 gr gallinaza; 4) 200 g de gallinaza; 5) 50 g de biosólido; 6) 100 gr de biosólido; 7) 150 gr de biosólido; 8) 200 g de biosólido y 9) Testigo (manejo del productor, sin abonos).

La gallinaza en evaluación fue de la marca Meyfer®, la cual tiene registro OMRI para uso en agricultura orgánica certificada por la NOP-USDA. El biosólido evaluado es el resultado de un proceso convencional de composteo de seis meses que fue cedido por la empresa Proagua Potosí, S.A. de C.V., el cual cumple con las especificaciones de calidad de la NOM-004-SEMARNAT-2002. En el cuadro 1 se muestra la composición química de ambos materiales. Los materiales vegetales utilizados como indicadores del efecto de los tratamientos descritos fueron pepino (*Cucumis sativus* L.) variedad híbrido turbo 80% + conquistador 20% de la empresa Seminis y calabacita (*Cucurbita pepo* L.) variedad híbrido Hurakan F1 de la empresa Harris Moran®.

El diseño experimental fue completamente al azar. Las unidades experimentales fueron la tercera parte de una charola, esto es, 81 plantas, la cuales se repitieron en tres ocasiones para cada tratamiento. Para la evaluación final se tomaron 5 plantas de la parcela útil, de cada tratamiento y de cada repetición. Las variables evaluadas fueron: unidades Spad, altura de planta, diámetro de tallo, área foliar, peso seco de parte aérea, peso seco de raíz, peso seco total y balance parte aérea/raíz. Para todas las variables se realizó un análisis de varianza y en su caso comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p=0.05$). En las variables en las que se presentaron diferencias significativas se realizó una prueba de contrastes ortogonales comparando los tratamientos de gallinaza contra los de biosólido. Los análisis se realizaron en el paquete de diseños experimentales de la FAUANL (Olivares, 1994).

Cuadro 1. Análisis nutrimental de la gallinaza y el biosólido.

Elemento	Gallinaza	Biosólido
pH	7.72*	5.85
C.E.	4.9 dSm ⁻¹ *	3.4 dSm ⁻¹
M.O.	30.11%	74.5%
Nitrógeno	2.16%	5.92%
Fósforo (P ₂ O ₅)	5.36%	5.69%
Calcio	2.87%	2.55%
Azufre	0.65%	0.74%
Magnesio	1.08%	0.58%
Potasio (K ₂ O)	2.87%	0.5%
Hierro	1802 ppm	0.5%
Cobre	40 ppm	1365 ppm
Manganeso	514 ppm	110 ppm
Zinc	299 ppm	108 ppm

*Dilución 1:10 (w:v).

Resultados y Discusión*Resultados en pepino*

Los resultados obtenidos se presentan en los cuadros 2 y 3. Se muestra que los tratamientos que obtuvieron los valores más altos en la mayoría de las variables medidas en comparación con el resto fueron el 6, 8 y 3. Se puede observar que los tratamientos con biosólido propiciaron valores, en unidades Spad, mayores que la gallinaza y aún más al testigo, lo que se puede relacionar a los altos niveles de nitrógeno aportados por el biosólido el cual es más del doble que el contenido en la gallinaza (cuadro 1). Lo anterior también se ve reflejado en un crecimiento suculento de las plantas manifestado en la altura de planta y área foliar, aunado a un menor peso seco tanto de la parte aérea como de la raíz. Estas características de plantas obtenidas con biosólidos pudieran hacer susceptibles a las plántulas al ataque de plagas y enfermedades al momento de trasplante. Sin embargo, el uso de biosólidos es sumamente atractivo por la disponibilidad y el bajo costo de adquisición, siempre y cuando cumplan con las normativas oficiales.

Cuadro 2. Comparación de medias entre tratamientos en pepino.

Trata- miento	Unidad Spad	Altura Planta	Diám. Tallo	Área foliar	Peso seco Parte Aérea	Peso seco Raíz	Peso seco Total	Balance Parte Aérea/Raíz
1	38.84 c	12.90 a	0.39 ab	9.81 ab	0.19 ab	0.04 a	0.23 a	4.32 a
2	46.92 abc	13.26 a	0.44 ab	11.03 ab	0.22 ab	0.03 a	0.26 ab	5.48 a
3	41.23 bc	13.20 a	0.43 ab	11.31 ab	0.32 a	0.04 a	0.36 a	7.67 a
4	48.70 abc	12.25 a	0.41 ab	11.92 ab	0.16 b	0.03 a	0.19 b	4.82 a
5	50.22 abc	13.18 a	0.40 ab	12.70 ab	0.18 ab	0.03 a	0.22 ab	4.74 a
6	55.19 a	14.00 a	0.39 ab	15.74 a	0.20 ab	0.04 a	0.25 ab	4.72 a
7	54.14 ab	11.72 a	0.42 ab	13.22 ab	0.13 b	0.03 a	0.16 b	4.49 a
8	53.40 ab	13.02 a	0.47 a	16.30 a	0.16 ab	0.02 a	0.19 b	6.02 a
T	36.56 c	9.36 a	0.36 b	7.14 b	0.13 b	0.40 a	0.17 b	3.48 a
C.V. (%)	10.14	19.17	7.90	23.12	28.72	16.96	25.36	27.16

Medias con distinta lateral dentro de una misma línea son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$). C.V.: coeficiente de variación.

Cuadro 3. Contraste ortogonal entre tratamientos con gallinaza contra tratamiento con biosólido en plántulas de pepino.

	Unidades SPAD	Diámetro de tallo	de	Área foliar	Peso seco parte aérea	Peso seco total
Gallinaza	43.91 b	0.41 a		11.01 a	0.22 a	0.26 a
Biosólido	53.23 a	0.42 a		14.49 a	0.16 a	0.20 a
Significancia	0.05	ns		ns	ns	ns

ns: no existe diferencia significativa

Resultados en calabacita

Los resultados obtenidos se presentan en los cuadros 4 y 5. Se muestra, que con excepción de la variable aérea foliar, en el resto de las variables no existen diferencias significativas entre tratamientos. En dicha variable encontramos que los tratamientos con gallinaza y biosólido superaron significativamente al testigo, lo que muestra un efecto positivo del complemento nutricional de estos materiales en el proceso de producción de plántula. Ante estos resultados los biosólidos vuelven a ser atractivos para esta fase del proceso de producción de hortalizas por las ventajas mencionadas.

Resulta conveniente desde el punto de vista económico el uso de biosólidos en la producción de plántulas de dichas hortalizas.

Cuadro 4. Comparación de medias entre tratamientos en calabacita.

Tratamiento	Unidas Spad	Altura Planta	Diám. Tallo	Área foliar	Peso seco Parte Aérea	Peso seco Raíz	Peso seco Total	Balance Parte Aérea/Raíz
1	40.72 a	15.96 a	0.43 a	20.78 ab	0.28 a	0.05 a	0.32 a	5.56 a
2	40.27 a	14.65 a	0.49 a	23.05 ab	0.25 a	0.05 a	0.30 a	5.05 a
3	40.15 a	15.22 a	0.48 a	24.88 ab	0.27 a	0.04 a	0.31 a	6.14 a
4	38.08 a	18.01 a	0.47 a	32.27 a	0.30 a	0.04 a	0.34 a	6.60 a
5	37.47 a	18.89 a	0.47 a	30.04 a	0.26 a	0.04 a	0.30 a	6.34 a
6	39.93 a	17.71 a	0.47 a	24.28 ab	0.20 a	0.03 a	0.24 a	5.33 a
7	43.13 a	14.49 a	0.45 a	24.31 ab	0.19 a	0.04 a	0.23 a	4.85 a
8	41.10 a	14.13 a	0.50 a	22.62 ab	0.19 a	0.03 a	0.22 a	5.62 a
T	39.94 a	14.14 a	0.43 a	15.58 b	0.19 a	0.05 a	0.25 a	3.87 a
C.V. (%)	6.52	16.85	6.01	18.67	23.76	19.61	21.11	23.59

Medias con distinta lateral dentro de una misma línea son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$). C.V.: coeficiente de variación.

Cuadro 5. Contraste ortogonal entre tratamientos con gallinaza contra tratamiento con biosólido en plántulas de calabacita.

Área foliar	
Gallinaza	25.24 a
Biosólido	25.31 a
Significancia	ns

ns: no existe diferencia significativa

Conclusiones

Para pepino las dosis más apropiadas de biosólido fueron de 100 y 200 gr/charola; mientras que de gallinaza fue de 150 gr/charola. En cuanto a calabacita con biosólido fue de 50 g/charola y para gallinaza 200 g/charola.

Tanto en pepino y en calabacita los complementos orgánicos superaron en calidad de plántula al tratamiento testigo (sin complemento). Lo anterior puede representar un ahorro de turba (peat moss) hasta de 16 % para el productor.

Agradecimientos

Al señor Gregorio Acosta, propietario de Invernaderos Goyo, por permitir llevar a cabo el presente experimento en sus instalaciones. A las empresas: Procesadora de gallinaza, S.A. de C.V. por facilitar la Gallinaza Meyfer® y Proagua Potosí, S.A. de C.V. por proporcionar el biosólido. A PROMEP-SEP por su apoyo a la red de agricultura sostenible de la zona centro y norte de México (ASOCEN).

Bibliografía

- Diario Oficial de la Federación. 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002. Norma de Protección Ambiental de Lodos y Biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Disponible en: <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1342/1/nom-004-semarnat-2002.pdf> (Consultada 15 de julio del 2013).
- Márquez, H.C., Cano, R. P. Y Rodríguez, D. N. 2008. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate orgánico en invernadero. *In: Agricultura técnica en México, enero-abril, año/vol. 34, número 001. pp. 69-74.* Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Texcoco, México.
- Olivares S. E. 2001. Tratamiento de aguas residuales y uso de biosólidos en la agricultura. Memoria de la XIII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango, México.
- Olivares, S. E. 1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía UANL. Marín, Nuevo León, México.
- Organic Materials Review Institute. 2013. <http://www.omri.org/manufacturers/67129/vertia> (Consultada 15 de julio del 2013).
- Preciado R. P., Baca C.G.A., Tirado T.J.L., Kohashi-Shibata J., Tijerina C. L. y Martínez G.M. 2002. Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. *Terra volumen 20 numero 3.*
- United States Department of Agriculture. 2013. http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome?navid=ORGANIC_CERTIFICATIO (Consultada 15 de julio del 2013).
- Utría-Borges E., Cabrera-Rodríguez J. A., Reynaldo-Escobar I. M., D. Morales-Guevara D., Fernández A. M. y Toledo T. E. 2008. Utilización agraria de los biosólidos y su influencia en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Rev. Chapingo Ser.Hortic vol.14 no.1 Chapingo ene./abr. 2008.*

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE COMPOSTA A BASE DE RESIDUOS DEL CULTIVO DE CHAMPIÑÓN EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE (*Lycopersicum esculentum* Mill) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

Castelo Gutiérrez, A.^{1*}; Gutiérrez Coronado, M.¹; Arellano Gil, M.¹; Castro Espinoza, L.¹; Lares Villa, F.¹; Figueroa López, P.²

¹Instituto Tecnológico de Sonora. Ciudad, Obregón, Sonora. México.

²Centro 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

El tomate es de las hortalizas de mayor importancia a nivel mundial, a raíz de esto la productividad ha ido en incremento y con ello la búsqueda de nuevas alternativas de producción. El empleo de compostas a dado buenos resultados dentro del contexto de una agricultura sustentable, ya que es producida bajo métodos microbiológicos mejorando las condiciones fisicoquímicas del suelo y provee de nutrientes a la planta. Ante esto, se evaluó el efecto de la composta a base de champiñón y sus derivados como té de lombriz y extracto de composta, bajo un diseño al azar con pruebas de medias LSD ($p < 0.05$). Entre los parámetros biométricos evaluados se obtuvo buena respuesta en la combinación de composta + té de lombriz + extracto de composta + convencional (T4E2) y en una dosis unicamente de extracto de composta (T2E3), siendo éstos tratamientos los mas significativos. No obstante, en rendimientos no hubo diferencias sin embargo, el T4E2 presentó un aumento en la productividad cerca de un 50% respecto al testigo. Entre los valores nutrimentales, el P se mantuvo con una buena asimilación en la planta y disponibilidad aceptable en suelo a los 90 ddt. Finalmente se concluyó que la composta a base de residuos de champiñón y sus variantes: té de lombriz y extracto de composta, son una buena alternativa nutricional para la planta ya que contribuye a la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Palabras clave: Composta de champiñón; té de lombriz; extracto de composta; rendimiento; tomate

Introducción

El tomate es de los productos hortícolas de mayor importancia a nivel mundial, cuenta con niveles importantes de exportación aportando alrededor de un 35% de la producción de México al mercado de Estados Unidos (USDA, 2011). Gracias a su fuerte demanda, el cultivo de tomate ha exigido mejorar las prácticas de manejo y tecnologías de aplicación.

En dichas circunstancias comenzó a surgir la práctica de una agricultura orgánica, cimentada en el concepto de la sustentabilidad de los ecosistemas productivos, que enfatiza 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). Hoy en día es común encontrar en la literatura dos conceptos que vienen a ofrecer una alternativa de fertilización, y son conocidos como biofertilización microbiana (Mejía, 1995) y biofertilización orgánica (Claassen y Carey, 2004). Los biofertilizantes microbianos, ofrecen mejorar la calidad y los rendimientos de los cultivos sin presentar un carácter nocivo para el medio ambiente, ya que utiliza métodos microbiológicos para dichos fines (Hernández-Díaz y Chailloux Laffita, 2001). Mientras que la biofertilización orgánica, hace uso de

materiales orgánicos transformándolos por métodos biológicos en productos relativamente estables (Claassen y Carey, 2004).

Los beneficios de los abonos orgánicos son evidentes, la composta ha mejorado las características de los suelos, tales como fertilidad, capacidad de almacenamiento de agua, mineralización de nitrógeno, fósforo y potasio, mantiene valores de pH óptimos para el crecimiento de las plantas y fomenta la actividad microbiana (Nieto Garibay *et al.*, 2002). En tanto que la vermicomposta es el producto de la serie de transformaciones bioquímicas y microbiológicas que sufre la materia orgánica al pasar a través del tracto digestivo de las lombrices (Edwards *et al.*, 1984).

Además, la vermicomposta contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, elevan la capacidad de intercambio catiónico, tiene alto contenido de ácidos húmicos y aumenta la capacidad de retención de humedad y la porosidad, lo que facilita la aireación, drenaje del suelo y los medios de crecimiento (Rodríguez *et al.*, 2008).

Por lo anterior, se ha plantado el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de composta a base de champiñón a través de mediciones biométricas y de productividad, para aumentar el rendimiento en el cultivo de tomate.

Materiales y Métodos

El efecto de la aplicación de composta a base de residuos del cultivo de champiñón, se evaluaron sobre plantas de tomate variedad Prolyco bajo condiciones de invernadero en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Sonora, Campus Nainari, durante las fechas de octubre 2012-enero 2013. El suelo utilizado para este estudio, se obtuvo del block 1107, del Valle del Yaqui. Sonora, México. El cuadro 1 muestra las principales características y sus propiedades fisicoquímicas.

Cuadro 1. Propiedades fisicoquímicas del suelo previo a la siembra del cultivo de tomate.

Propiedades fisicoquímicas del suelo	
Materia Orgánica (%)	1.04
Humedad (%)	14.77
pH	7.22
Conductividad eléctrica (dS/m)	0.488
Capacidad de intercambio catiónico (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

Se trasplantaron 70 plántulas de tomate, cada una confinada en macetas con capacidad de 12 L, consideradas cada una como una unidad experimental. A cada tratamiento le correspondían 5 replicas. El testigo es el T1E1 y es completamente convencional, siendo la urea su principal fuente de nitrógeno.

Parámetros biométricos

Se evaluaron los siguientes parámetros biométricos: a) altura (cm): se tomó en cuenta la longitud del tallo principal hasta la yema terminal de la planta; b) clorofila (UC): fue medida la hoja del tercer nudo con el equipo de SPAD 502 Minolta; c) número de frutos: se hizo un conteo del total de frutos obtenidos en todos los cortes; d) peso seco aéreo (g): se llevaron a secado las hojas y tallos en horno a 60 °C por 48 horas, una vez secas se determinó su peso; e) contenido de humedad aérea (%): se determinó por diferencial de peso (peso aéreo fresco - peso aéreo seco/ peso aéreo fresco*100); f) longitud de raíz (cm): se midió la raíz principal de la planta; g) peso seco de raíz (g): se llevó a secado en horno a 60 °C por 48 horas, una vez secas las raíces se determinó su peso; y h) peso volumétrico (mL): se sumergió la raíz en una probeta con un volumen determinado y se tomó el dato del volumen desplazado.

Cuadro 2. Tratamientos de composta, té de lombriz y extracto de composta y sus diferentes dosis de aplicación en plantas de tomate 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

Análisis nutrimental en tejido vegetal

Las pruebas nutrimentales se realizaron en la etapa de floración y al término del cultivo que fue a los 90 días después del trasplante (ddt). Los nutrimentos analizados fueron macronutrimentos (N, P, K, Ca, Mg) y micronutrimentos (Fe, Mn, Cu); analizados con las técnicas analíticas para tejido vegetal, establecidas para cada nutriente por Alcántar y Sandoval (1999), según el manual de análisis químico en un espectrofotómetro DR-2500 de HACH.

Se trabajó bajo un esquema de un diseño completamente al azar con prueba de medias de LSD ($p < 0.05$) con el paquete estadístico Statgraphic Centurion.

Resultados y Discusión

El Cuadro 3 presenta los resultados de algunas variables biométricas como la altura donde las plantas de tomate vr Prolyco no presentaron diferencia significativa ($p < 0.05$) en el experimento 1 a los 90 ddt bajo condiciones de invernadero. Los tratamientos T2E2, T3E2 y T4E2; fueron iguales estadísticamente estando muy por encima del testigo siendo el T1E1 quien no respondió de manera favorecedora al tratamiento, probablemente se deba a que el té de lombriz presentó niveles muy bajos de nutrimentos según su composición de mineral. El experimento 3, todos los tratamientos superaron al testigo siendo el T2E3 el más significativo. Los valores de clorofila se mantuvieron en promedio general en 37.29 UC. Siendo el T4E2, quien presentó un contenido de clorofila mayor con 47.71 UC, resultando el más significativo. En los experimentos 1 y 3 no hubo diferencia significativa y

los valores oscilaron entre 30 y 45 UC. Sin embargo, durante el desarrollo de este trabajo no se alcanzó a percibir algún cambio notable en el incremento del pigmento. Probablemente, este relacionado con el estrés por bajas temperaturas que presentó el cultivo. La planta que normalmente crece a temperaturas cálidas (25-35 °C), cuando son enfriadas a menos de 10 °C se produce un daño por frío. El crecimiento se ralentiza, aparecen decoloraciones o lesiones foliares y las hojas parecen como si hubieran estado sumergidas en agua por mucho tiempo (Taiz y Zeiger, 2006). El número de frutos obtenidos por tratamiento en los tres experimentos. No se presentaron diferencias significativas en ninguno de los casos; sin embargo, el T4E2 fue quien presentó mayor cantidad de frutos respecto al testigo. Cabe mencionar que una de las afecciones del estrés por frío es la inhibición de la fotosíntesis; al bajar sus niveles ocurre una reducción del transporte de carbohidratos, menor intensidad de respiración, inhibición de la síntesis de proteínas y por ende, la producción se ve comprometida (Russell y Morris, 1983; Taiz y Zeiger, 2006). En cuanto al rendimiento, no hubo diferencias significativas en ninguno de los experimentos. Sin embargo, el T4E2 fue el de mayor productividad generando 1,181 g de fruta por planta; es decir, un 50% adicional comparado con el testigo. De la Cruz *et al.* (2009), evaluaron la producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato y obtuvieron buenos rendimientos y calidad de producto. Así mismo, Ochoa-Martínez *et al.* (2009), reportaron la producción de tomate en invernadero bajo la aplicación de té de composta como fertilizante orgánico, concluyendo que éstos tratamientos aportaron los requerimientos nutrimentales para el cultivo. Por su parte Velasco-Velasco *et al.* (2001), estudiaron el efecto de la adición de vermicomposta sobre la producción de tomate, reportando al final que la vermicomposta puede ser una alternativa para la producción orgánica de tomate.

Cuadro 3. Parámetros biométricos de plantas de tomate *vr* prolyco a 90 ddt bajo condiciones de invernadero.

Tratamientos	Altura (cm)	Clorofila (UC)	Número de frutos	Rendimiento (g/planta)
Testigo	62a	35.2a	19a	744a
T2E1	72a	37.7a	29a	847a
T3E1	73a	40.6a	27a	853a
T4E1	57a	32.8a	7a	182a
Testigo	62b	35.2b	19a	744a
T1E2	44c	26.1c	15a	196a
T2E2	98a	44.8b	34a	1050a
T3E2	90a	45.1b	20a	679a
T4E2	96a	47.7a	43a	1181a
Testigo	62c	35.2a	19a	744a
T1E3	49b	41.2a	14a	304a
T2E3	112a	42.9a	26a	650a
T3E3	67b	30.7a	30a	916a
T4E3	69b	29.1a	21a	631a
T5E3	91b	36.7a	28a	378a
T6E3	70b	31.1a	25a	582a

Valoración nutrimental

El contenido nutrimental en etapa de floración se presenta en el Cuadro 4. Se puede observar bajos niveles de N y Ca principalmente. Sin embargo, no presentó deficiencia en la asimilación de P y K, a excepción del testigo T1E1, y los tratamientos T2E1 y T1E2, que estuvieron ligeramente por debajo del rango mínimo. En cuanto a los micronutrientes analizados, cobre (Cu), hierro (Fe) y zinc (Zn), estuvieron en manera general dentro de los rangos de suficiencia reportados para tomate en etapa de floración específicamente (Benton, 1991). Para el caso de la asimilación del N, este es el elemento más limitativo en casi todos los suelos, es un elemento muy dinámico que entra y sale del sistema de varias maneras, las plantas lo absorben principalmente en forma de nitrato y amonio, y se encuentra en éstas cumpliendo importantes funciones biológicas y bioquímicas (Coraspe *et al.*, 2009). Por su parte, el calcio es un nutriente secundario que es requerido en menor proporción que el N pero resulta esencial en las funciones normales de la membrana celular (Díaz *et al.*, 2007).

Después de 90 ddt, el contenido de N se mantuvo bajo como desde el inicio en la etapa de floración (Cuadro 5). El P aumentó al término del ciclo, probablemente debido a que la composta presenta niveles considerables de este elemento; por su parte el K disminuyó su contenido en las hojas al final de ciclo. Es posible que esta baja en K se deba a que la planta hizo uso de este nutriente en la etapa de floración en mayores cantidades, ya que es a partir de esta etapa donde empieza a demandar más nutrientes pues la planta lleva a cabo diferentes funciones que demandan más energía (Bidwell, 1990). El contenido de Ca y Mg al final del ciclo, presentó bajas en sus niveles al paso de 90 ddt. Cabe la posibilidad de que estos minerales no fueron suministrados dentro del programa de nutrición, y por lo tanto la planta solo tomaba de lo que había disponible en el suelo y de lo que aportaba la composta y sus variantes: té de lombriz y extracto de composta. Cabe mencionar que la composta no contaba con los niveles suficientes de Ca y Mg para sobrellevar la nutrición de la planta. En lo que respecta a los micronutrientes, estos resultaron elevados en comparación con el análisis anterior realizado en la etapa de floración. Es importante mencionar, que a partir de la tercer semana de haber sido trasplantado el tomate, se realizó una aplicación de elementos menores vía foliar, con una frecuencia de 10 días. Por lo que es probable que el análisis de los microelementos se haya visto influenciado por la toma de muestra que se dio en días cercanos a la aplicación. Cabrera *et al.* (2007) observó un comportamiento similar en el desbalance nutrimental que representó un efecto sobre la producción de tomate bajo condiciones de cultivo protegido. Cristobal *et al.* (2001), también detectaron desbalances nutrimentales en raíces y hojas de tomate, sin embargo este comportamiento se explica en parte a la alteración que sufrió parte de la raíz producida por un patógeno.

Cuadro 4. Contenido nutrimental en etapa de floración del cultivo de tomate vr Prolyco bajo condiciones de invernadero.

TRATAMIENTO	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Zn
			%				ppm	
T1E1	1.30	1.07	4.73	0.71	0.26	133.96	51.22	47.28
T2E1	0.86	1.00	3.54	0.77	0.45	125.89	118.02	31.47
T3E1	0.89	0.74	7.12	0.78	0.41	150.26	134.44	63.27
T4E1	1.10	1.23	7.13	0.73	0.41	122.82	79.24	23.77
T1E2	1.10	0.92	4.35	0.74	0.46	110.85	87.09	15.84
T2E3	1.07	0.77	8.35	0.82	0.38	131.16	166.93	39.75
T3E3	0.77	0.45	5.54	0.75	0.50	114.81	118.76	31.67
T4E2	1.21	0.42	6.30	0.82	0.35	59.10	118.20	31.52
T1E3	1.49	0.52	9.15	0.48	0.27	111.33	238.57	55.67
T2E3	1.29	0.46	5.10	0.66	0.34	117.69	109.85	23.54
T3E3	1.72	0.49	8.31	0.76	0.30	126.58	142.41	47.47
T4E3	1.46	0.46	7.52	0.84	0.34	134.65	158.42	55.45
T5E3	1.27	0.70	5.51	0.77	0.31	98.46	126.03	7.88
T6E3	1.48	0.91	7.08	0.78	0.31	102.32	141.68	15.74
Referencia	3.0-4.0	0.4-1.0	5-9	1.5-2.4	0.32-0.8	5-50	60-300	20-250

Cuadro 5. Contenido nutrimental a 90 ddt del cultivo de tomate vr Prolyco bajo condiciones de invernadero.

Tratamientos	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
			%				ppm		
T1E1	0.09	1.77	3.35	0.58	0.16	2954	502	551	102
T2E1	0.14	1.79	5.52	0.68	0.07	1810	960	266	68
T3E1	0.16	1.87	4.72	0.39	0.16	1661	993	209	73
T4E1	0.17	1.8	4.79	0.74	0.09	2393	1096	558	56
T1E2	0.11	1.58	5.99	0.41	0.24	2746	923	280	76
T2E2	0.14	1.61	4.20	0.45	0.23	1999	956	240	112
T3E2	0.17	1.72	4.40	0.19	0.31	2548	1135	440	76
T4E2	0.14	1.87	4.40	0.19	0.37	2647	1179	320	128
T1E3	0.19	1.04	3.79	0.53	0.18	2592	1148	279	175
T2E3	0.21	0.88	3.59	0.20	0.39	2097	763	240	184
T3E3	0.25	1.92	2.79	0.35	0.25	2343	654	319	171
T4E3	0.22	2.03	3.59	0.34	0.29	2545	575	479	72
T5E3	0.33	1.42	3.76	0.26	0.31	2471	640	633	130
T6E3	0.30	1.02	3.58	0.24	0.30	2483	1287	358	175

Conclusiones

Se concluye que la composta a base de residuos de champiñón y sus variantes té de lombriz y extracto de composta son una alternativa nutricional para la planta ya que contribuye a la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Sin embargo, debe vigilarse el manejo de la elaboración del extracto de composta y recircular más veces el té de lombriz para aumentar los niveles de N en las fracciones líquidas de la composta.

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.
- Benton, J., H. Wolf., .H. Mills. 1991. Plant Analysis Handbook. 180-185.
- Bidwell, R. 1990. Fisiología vegetal. AGT Editor, S.A. ISBN: 968-463-015-8.
- Cabrera, A., J. Arzuaga y M. Mojena. 2007. Desbalance nutrimental del suelo y efecto sobre el rendimiento del tomate (*Lycopersicon solanum* L.) y pepino (*Cucumis sativus* L.) en condiciones de cultivo protegido. Cultivos Tropicales 28: 91-97.
- Cristóbal, A.,I. Cid del Prado., G. Sánchez, N. Marbán., L. Manzanilla y G. Mora. 2001. Alteraciones nutrimentales en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) por efecto de nacobbus aberrans. Nematropica 31: 219-226.
- Claassen, V. y J. Carey. 2004. Regeneration of nitrogen fertility in disturbed soils using composts. Compost Sci. & Util 12(2):145-152.
- Coraspe, H., T. Muraoka., V. de., F. Contreras y P. Ocheuze. 2009. Absorción de formas de nitrógeno amoniacal y nítrica por plantas de papa en la producción de tuberculos-semilla. Agron Trop 59: 45-58.
- De la Cruz, L., M. Estrada., V. Robledo., R. Osorio., C. Márquez y R. Sanchez. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. Univercidad y Ciencia 25: 59-67.
- Delate, K; Cambardella, C.; Taylor, K.; Burcham, B. 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 St. University, Ames, IA.
- Edwards, C., I. Burrows., K. Fletcher y B. Jones. 1984. The use of earthworms for composting farm wasted. En: Gasser JKR (ed). Composting of agricultural and other wastes. Els. App. Sci. Publ. London. 241 pp.
- Hernandez, M. y M. Chailloux. 2001. La nutrición mineral y la biofertilizacion en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Temas de Ciencia y Tecnología 5(13):11-27
- Mejía, M. 1995. Agricultura para la vida: Movimientos Alternativos frente a la Agricultura Química. Cali, Colombia. Feriva Ltda. 248 pág.
- Nieto, A., B. Murillo., E. Troyo., J. Larrinaga y J. García. 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annum* L.) en zonas áridas. Interciencia 27(8):417-421.
- Ochoa, 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. Lozano *et al.*, 1995;
- Rodríguez, D., R. Cano., V. Figueroa., G. Palomo., C. Favela., R. Álvarez., H. Márquez y R. Moreno. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. Rev. Fitotec. Méx. 31(3): 265-272.
- Russell, C. y D. Morris. 1982. Invertase activity, soluble carbohydrate and inflorescence development in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Ann. Bot. 49:89-98.
- USDA Forgein Agricultural Service. GAIN Report Numer MX1044. Disponible en: www.mexico-usda.com Revisado el 27 de mayo del 2011.
- Velasco, J., R. Ferrera y J. Almaraz. 2001. Vermicomposta, micorriza arbuscular y *azospilillum brasilense* en tomate de cáscara. Terra Latinoamericana 19: 241-248.
- Zeiger, E. y L. Taiz. 2006. Fisiología Vegetal. Ed. Studia Humanitatis Inc. Pág. 1160.

PRODUCCIÓN DE SUSTRATOS ORGÁNICOS PARA ORNAMENTALES

Cruz Campos, J.M.^{1*}; Álvarez Suárez, J.M.²; Soria Fregoso, M. de J.³; Candelario Martínez, B.⁴

¹Instituto Tecnológico de Tizimín. Tizimín, Yucatán. México.

²Instituto Tecnológico de Tizimín. Tizimín, Yucatán. México.

³Instituto Tecnológico de la Zona Maya. Chetumal, Q.Roo. México.

⁴Instituto Tecnológico de Tizimín. Tizimín, Yucatán. México.

*Autor responsable: yucatan2228@hotmail.com; Calle Final Aeropuerto Cupul Núm .S/N, Tizimín, Yucatán. México. CP 97700; Tel. 01 (986) 86 3-42-79

Resumen

El empleo indiscriminado de pesticidas, como los fertilizantes químicos contaminan el manto freático y el suelo, su incremento propicia que nuestro recurso hídrico se eutrofice por metales pesados y el componente edáfico quede salinizado, sin poder cultivar en él. Los costos de los nutrientes químicos cada día aumentan su precio tanto por la volatilidad de los precios internacionales de los hidrocarburos así como su importación. El uso de sustratos orgánicos como el humus de lombriz roja Californiana (*Eisenia fóetida*) y de composta, es una alternativa viable que mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, permite el incremento de la producción de los cultivos de ornato en el estado de Yucatán que cada día se posiciona como una actividad económica. El presente trabajo se realizó en la Unidad de Procesos Agroecológicos del Instituto Tecnológico de Tizimín, Yucatán y tuvo como objetivo producir 10 tipos de sustratos de compostas y cinco canteros de humus de lombriz roja californiana, con distintos estiércoles de animales para su alimentación como bovinos, equinos y ovinos entre otros. Se empleó un diseño completamente al azar con tres repeticiones. En comparación de medias por Tukey con respecto al elemento nitrógeno, Los sustratos presentaron diferencias entre tratamientos siendo los sustratos 11, 12, 14 y 15 los que obtuvieron 2.18% de nitrógeno en comparación con el testigo (sustrato cuatro) con 0.63% y con los demás sustratos. Los sustratos orgánicos producidos tienen un papel importante en la nutrición vegetal debido a que aportan elementos esenciales, y constituyen materia viva del suelo que mejora su textura y estructura.

Palabras clave: Sustratos orgánicos; fertilizantes químicos; ornato

Introducción

El empleo inadecuado e indiscriminado de los agroquímicos como son los fertilizantes, utilizados en los paquetes técnicos, para mejorar las cosechas, producen en el municipio residuos contaminantes, que llegan al manto freático con mucha facilidad y constituyen una amenaza para la calidad de la misma y el deterioro paulatino de los suelos (UADY, 2010). Los fertilizantes químicos en la agricultura, han tenido un gran impacto sobre todo en el aumento de la producción y la calidad de las cosechas. Sin embargo, su empleo indiscriminado ha provocado serios daños de contaminación en el manto freático; como estrategia para lograr la sustentabilidad ambiental en la producción de ornamentales, es recomendable que los materiales orgánicos que resultan de los procesos de producción de actividades agropecuarias, sean reutilizados a fin de reducir sus impactos negativos en el entorno. En muchos países se han puesto en marcha programas de reciclaje de nutrientes y mejoramiento de las características del suelo, tanto con propósitos ambientales como productivos. La búsqueda de sustratos alternativos a base de materiales orgánicos que sean de fácil acceso y que resulten baratos, es uno de los principales objetivos de los productores de ornato (Dede *et al.*, 2006).

Los fertilizantes orgánicos como la composta y vermicomposta protege y desarrolla la vida de los microorganismos y mejora la estructura del suelo, es decir, el suelo está vivo. Entre sus ventajas está que constituyen un almacén de nutrientes, especialmente nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y micronutrientes, y los va liberando lentamente facilitando el aprovechamiento de las plantas. La composta es un compuesto o la mezcla de materiales orgánicos como hojas, plantas muertas y residuos de animales, etc., estos son degradados por microorganismos incluyendo hongos y bacterias, que reducen la materia orgánica a sustancias más simples en un tiempo de al menos tres meses produciendo un material estable denominado humus (Capistrán, *et al.* 2004). La lombricultura, es una técnica que nos permite producir el humus de la lombriz, el cual está compuesto principalmente por el carbono, oxígeno, nitrógeno. El lombrihumus cumple un rol trascendente al corregir y mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos. (García – Gómez *et al.*, 2002). La finalidad del presente trabajo fue producir sustratos orgánicos con materiales locales que sean de menor costo que los importados y conocer su aporte nutrimental del humus de composta y vermicomposta.

El estudio se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico de Tizimín, en el municipio del mismo nombre, en el estado de Yucatán. Se empleó un diseño completamente al azar, siendo los tratamientos estudiados: 10 tipos de compostas y cinco de vermicomposta. Los parámetros estimados fueron temperatura, pH, análisis nutrimental y rendimiento de humus.

Materiales y Métodos

El proyecto se realizó en la unidad de procesos agroecológicos del Instituto Tecnológico de Tizimín el cual tiene una altitud de 19 msnm. Su clima es cálido y húmedo, con temperaturas promedio de 25.8 °C y una precipitación pluvial media anual de 1084 mm.

Los materiales orgánicos empleados en el proyecto para la elaboración de los sustratos de composta son: residuos de malezas, hojarasca, eritrina, bagazo de henequén, residuos sólidos urbanos, residuos de cosecha de maíz, algas marinas, residuo de papaya, troncos y ramas, residuos de vegetales, polvo de piedra, estiércoles de animales y tierra. Para la elaboración de las camas de composta se utilizó la técnica de Praxis (Figura 1).



Figura 1. Camas de composta

Para la elaboración de la vermicomposta, se empleó la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) adquirida en la misma unidad de procesos agroecológicos y estiércoles de animales como bovino, cerdo, conejo, ovino, así como contenido ruminal que sirvió para la alimentación de los anélidos. Se construyó cinco canteros de mampostería para la inoculación de las lombrices. Las medidas de los canteros fueron un metro de ancho por cinco metros de largo y 1.20 metros de altura, con un desnivel

pronunciado (Figura 2), al fondo de cada cantero se hizo un desagüe para la recolección de ácido húmico. La composición en porcentaje para cada sustrato orgánico analizado se presentan en el Cuadro 1.



Figura 2. Canteros para vermicomposta

Cuadro 1. Composición de los sustratos empleados (%).

Sustrato	Composición (%)			
1	25 % M. V.	25 % Bovinasa	25 % M.S	25 % Tierra
2	25 % hojarasca	25 % Ovinasa	25 % M.V	25 % Tierra
3	25 % E. V.	25% C. R.	25 % E.S	25 % Tierra
4	50 % B. H.	50 % Tierra.	Testigo	
5	50 % R.S.U.	50 % Tierra.		
6	25 % R.C.M.	25% cerdasa	25 % M. V.	25 % Tierra
7	25 % A. M. V.	25% Tierra	25 % A.M.S.	25 % Tierra
8	25 % R. P.	25% Conejasa	25 % T. R	25 % Tierra
9	50 % R.V.F	50 % Tierra.		
10	25 % P.P.	25% Vermi.	25 % A. H.	25 % Tierra
11	25 % Bovinasa	25 % Cerdasa	25 % Caballasa	25 % C.R.
12	50 % Bovinasa	50 % Conejasa		
13	50 % Caballasa	50 % Cerdasa		
14	100 % Bovinasa			
15	100 % C. R.			

(M.V.)=Maleza Verde (M.S.)= Maleza Seca. (E.V.)= Eritrina Verde. (C.R.)= Contenido Ruminant. (E.S.)= Eritrina Seca (B.H.)= Bagazo de Henequén. (R.S.U.)= Residuos Sólidos Urbanos. (R.C.M.)= Residuos Cosecha de Maíz. (A.M.V.)= Algas Marinas Verde. (A.M.S.)= Algas Marinas Seco. (R.P.)= Residuo de Papaya. (T.R.)= Troncos y Ramas. (R.V.F.)= Residuos de Vegetales Frescos. (P.P.)= Polvo de Piedra. (A.H.)= Ácido Húmico. (Vermi)= Vermicomposta.

Resultados y Discusión

En la Figura 3 se muestran los resultados del nitrógeno expresado en por ciento total, con el método de Kjeldhal. Los sustratos 11, 12, 13,14 y 15 pertenecientes a la vermicomposta tuvieron el mayor porcentaje de nitrógeno (2.2 %) con respecto al testigo (0.66%) y a los demás sustratos. Wilkerson (1992) recomienda que el rango óptimo de los suelos ricos en nitrógeno se ubica entre 0.100 a 0.150%. Estos valores de nitrógeno generados en la vermicomposta son atribuibles según Cruz, (2007) a que en el proceso de humificación la lombriz roja californiana tiene un aporte por encima de 1.0 por ciento.

Conclusiones

Los materiales empleados para elaborar los quince sustratos, son de fácil disposición y reciclaje y su empleo, contribuyen en manera alguna a reducir la contaminación y mal olor en los sitios de

almacenaje. El sustrato 12 que corresponde (50% bovina + 50% conejosa). Resultó el de mayor aporte de macronutrientes: 2.2% de nitrógeno total, 7090.04 ppm de fósforo total y 10000 ppm de potasio total con respecto al sustrato cuatro (testigo) con 0.630% N total, 895.06 ppm de P y 2680.40 ppm de K respectivamente y a los demás sustratos. Los requerimientos de fertilizantes químicos en plantas de ornato se reducen debido a los contenidos de nutrientes, en particular de los macronutrientes que aportan los sustratos orgánicos en sus rangos óptimos. Asimismo los sustratos son productos orgánicos que mejoran las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Uno de los inconvenientes de la composta es la mano de obra que se emplea cuando se quiere elaborar compostas de mayor dimensión, por lo que es recomendable para su técnica, realizar su composteo en el lugar donde se utilice, como es el caso de la maleza y residuos de cosecha. Los sustratos elaborados tendrán su mayor importancia y relevancia cuando se utilicen en los cultivos ornamentales y se corrobore en la calidad y rendimiento de las cosechas. En el cultivo de gladiolos (*Gladiolus* spp) a cielo abierto en el Oriente de Yucatán, estas cualidades se han observado. Imprescindible es continuar con los trabajos de composteo y vermicomposteo, a fin de mejorar su técnica, su calidad y contenido nutrimental.

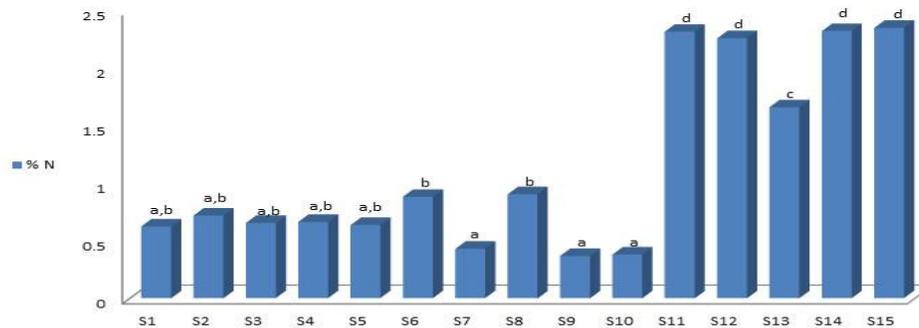


Figura 3. Nitrógeno total (%) en los sustratos evaluados.

Agradecimientos

A la Fundación Produce Yucatán A.C. Por financiar en su totalidad el proyecto “Producción de sustratos de menor costo que los importados”, el cual se realizó este trabajo de investigación. Al Instituto Tecnológico de Tizimín, Yucatán. Por brindar todas las facilidades y sus instalaciones para la ejecución de los trabajos desarrollados en el presente estudio.

Bibliografía

- Capistrán, F., Aranda, E., Romero, J. C. 2004. Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa. Segunda reimpresión. Xalapa, Veracruz 151 p.
- Cruz, C. J. M. 2007. Producción de Biofertilizantes mediante el lombricomposteo. Revista Uuy u T`aan. Órgano informativo de la Fundación Produce Yucatán – año 3 – Núm. 5 – Septiembre de 2007. 14pp. Mérida, Yucatán. México.
- Dede, O. H.; Koseoglu, G.; Ozdemir, S. and Celebi, A. 2006. Effect of organic, Waste substrates on the growth of impatiens. Turkish. J. Agric. Forestry. 30: 375 – 381.
- García – Gómez, A.; Bernal, M. P. and Roig, A. 2002. Growth of ornamental plants in two composts prepared from agroindustrial wastes. Bioresour. Technol. 83: 81 – 87.
- Universidad Autónoma de Yucatán. 2010. Programa de Ordenamiento Territorial del Municipio de Tizimín. Vol. 2. 82 p.
- García – Gómez, A.; Bernal, M. P. and Roig, A. 2002. Growth of ornamental plants in two composts prepared from agroindustrial wastes. Bioresour. Technol. 83: 81 – 87.
- Wilkinson, D. 1992. Suelos de invernadero: propiedades básicas. Hortalizas, frutos y flores. No. 4. México.

SUSTRATOS ORGANICOS EN LA PRODUCCIÓN DE PEPINO

Díaz Méndez, H.A.^{1*}; Álvarez Reyna, V. de P.¹; Preciado Rangel, P.²; Fortis Hernández, M.²; Sánchez Chávez, E.³

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna, Periférico y Carretera a Santa Fe Torreón, Coahuila. México

²División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón-San Pedro km 7.5. Torreón, Coahuila. México.

³Fisiología y Nutrición Vegetal, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Delicias. Ave.

^{4a} Sur, 3820. vencedores del Desierto Delicias, Chihuahua. Mexico.

*Autor responsable: hectoriego@hotmail.com; Periférico y Carretera a Santa Fe, Torreón, Coahuila. México.

Resumen

El objetivo del presente estudio fue encontrar la dosis de vermicompost:arena (VC:A) que incremente el rendimiento de frutos de pepino (*cucumis sativus* L.) producidos en invernadero, para lo cual se evaluaron las siguientes relaciones VC:A (v:v): 25:75,30:70,35:65,40:60 y 45:55. Los resultados indicaron que proporciones pequeñas de vermicompost (25 o 30%) se tuvieron los mayores rendimientos y calidad de los frutos al obtener un alto nivel de antioxidantes, en cambio dosis altas causaron efectos adversos.

Palabras clave: Sustratos; rendimiento

Introducción

En México, la producción de hortalizas bajo invernadero se ha incrementado significativamente durante los últimos años, siendo el pepino (*Cucumis sativus* L.) una de las hortaliza con un gran potencial económico, ocupando el 10 % de la superficie total de los invernaderos (Ortiz *et al.*, 2009), en la actualidad los consumidores de alimentos hortícolas ya no solo se interesan en la apariencia de estos, ahora se interesan en su origen, como fueron cultivados, si son seguros para comerse, si están libres de agroquímicos y de su contenido nutricional (Márquez *et al.*, 2006), capaces de tener efectos positivos para promover y/o restaurar las funciones fisiológicas del organismo humano y/o reducir el riesgo de contraer enfermedades crónicas y otras enfermedades degenerativas (Awika y Rooney, 2004; Llacuna y Mach, 2012), por lo tanto ponen una mayor atención a las prácticas agrícolas utilizadas en su producción; en este sentido la producción orgánica es una alternativa sustentable para atenuar dichos problemas. Entre diferentes abonos de tipo orgánico el vermicompost ha adquirido cada vez mayor importancia ya que ha demostrado mejorar la fertilidad del suelo, estimular crecimiento en la planta, incrementar el rendimiento, la calidad de frutos y disminuye los costos de la fertilización (Mhamoud *et al.*, 2009, Rodríguez *et al.*, 2009), además se puede utilizar como sustrato o componente de los mismos en cultivos hortícolas en invernadero (Tringovska and Dintcheva, 2012).

Bajo esta perspectiva, el objetivo del presente trabajo fue evaluar diferentes relaciones de vermicompost y arena sobre el rendimiento y calidad nutracéutica del fruto de pepino producido en invernadero.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en un invernadero del Instituto Tecnológico de Torreón, localizado entre las coordenadas 25° 36'36.54" LN y 103° 22' 32.28" LW y 1123 msnm. Los sustratos evaluados consistieron en vermicompost mezclados con arena a diferentes porcentajes: 25:75, 30:70, 35:65,

40:60 y 45:55 (VC:A % en volumen), los riegos fueron proporcionados de manera diferencial debido a que a mayor cantidad de VC, mayor capacidad de retención de humedad. Las mezclas de VC:A fueron colocadas en bolsas negras de polietileno de 20 kg de capacidad, posteriormente plántulas de pepino con dos hojas y una altura promedio de 10 cm fueron trasplantadas en cada maceta y colocadas en hilera sencilla a una distancia de 40 cm, entre plantas y 1.4 m, entre hileras.

La planta de pepino se condujo a un tallo, el cual fue sostenido con hilo rafia de polipropileno sujeto a un alambre transversal, los brotes laterales se eliminaron conforme aparecían. Los requerimientos de agua fueron cubiertos por medio del riego, el cual fue realizado de manera manual con tres riegos por día cuyo volumen en promedio durante todo el ciclo de cultivo fue de 2.7 L. Los resultados obtenidos fueron analizados mediante el programa estadístico SAS (1999) y comparación de medias (Tuckey $P \leq 0.05$).

Resultados y discusión

Los resultados indican que las diferentes relaciones de VC:A utilizadas en el experimento provocaron que las plantas de pepino mostraran diferencias significativas ($P \leq 0.05$, Cuadro 1), el mayor vigor de las plantas representado por la altura de la planta, área foliar, materia seca, el rendimiento y sus componentes, fue logrado en la relación de 25:75, seguido por 30:70 de VC:A (Cuadro 2). Las plantas desarrolladas con mayor proporción de vermicompots produjeron la menor cantidad de biomasa, vegetal, peso de frutos y rendimientos de frutos por planta. Estos resultados son similares a los obtenidos por (Moreno *et al.*, 2005) quienes señalan la adición pequeñas proporciones de vermicompost en el medio de crecimiento estimula el crecimiento de las plantas debido al mejoramiento de las condiciones de crecimiento ya que las mezclas de materiales orgánicos e inorgánicos usados como medios de cultivo sin suelo para hortalizas superan en rendimiento a las plantas cultivadas en material solo o puro (Márquez *et al.*, 2008).

Cuadro 2. Valores medios de la altura de planta (ALT), área foliar (AF), materia seca (MS) y el rendimiento (REN) del cultivo de pepino en diferentes mezclas de VC:A, en invernadero.

Condición VC:A	ALT cm	AF cm ²	MSF Gr	REND g planta ⁻¹
25:75	2.37 a §	251.00 a	725.2 a	2655.6 a
30:70	1.99 b	195.33 ab	529.2 ab	1109.8 b
35:65	2.01 b	149.67 bc	301.3 bc	910.0 bc
40:60	1.78 c	136.67 c	233.7 c	883.3 bc
45:55	1.84 bc	125.67 c	171.7 c	421.4 c

Vermicompost:arena VC:A (V:V): §Valores con letras iguales en cada columna y cada factor, son iguales de acuerdo con la prueba (Tukey, $P \leq 0.05$).

En cambio dosis mayores de vermicompost como componente del sustrato afectaron negativamente al cultivo de pepino, debido a la salinidad del sustrato (Atiyeh *et al.*, 2000; Flores *et al.*, 2008), disminuyendo la absorción de agua y nutrimentos afectando el metabolismo de la planta (Maathuis, 2009; Antal *et al.*, 2010), por lo cual la salinidad es uno de los parámetro más limitantes para su utilización como sustratos (Chong, 2005).

Conclusiones

La incorporación de vermicompost en el sustrato produjo diferencias significativas en el crecimiento rendimiento y calidad de los frutos. La mezcla de vermicompost y arena 25/75 presento las mejores condiciones para lograr la mayor altura de planta, en área foliar, biomasa y rendimiento, en cambio dosis mayores al 30% de vermicompost presentan efectos negativos en cultivo.

Bibliografía

- Antal, T., H. Mattila, M. Hakala-Yatkin, T. Tyystjarvi and E. Tyystjarvi (2010). Acclimation of photosynthesis to nitrogen deficiency in *Phaseolus vulgaris*. *Planta* 232: 887-898.
- Atiyeh RM; Edwards C; Subler S; Metzger J (2000) Earthworm. Processed organic wastes as components of horticultural potting media for growing Marigold and vegetable seedlings. *Compost Sci. Utiliz.* 8: 215-22.
- Awika, J., M. and Rooney, L., W (2004). Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. *Phytochemistry.* 65: 1199-1221.
- Flórez, S. L., D. Miranda and B. Chaves (2008). Dinámica de nutrientes en la fase vegetativa del cultivo del lulo (*Solanum quitoense* Lam.), en respuesta a salinidad con NaCl. *Agronomía Colombiana* 26: 205-216
- Chong, C (2005). Experiences with wastes and composts in nursery substrates. *HortTechnology.* 15: 739-747.
- Llacuna L., y N. Mach (2012). Papel de los antioxidantes en la prevención del cáncer. *Rev Esp Nutr Hum Diet.* 16:16-24
- Maathuis, F. J-M (2009). Physiological functions of mineral macronutrients. *Curr Opin Plant Biol* 12. 250
- Mahmoud, E., N. A. E. Kader, P. Robin, N. Akkal-Corfini and L. A. El-Rahman (2009). Effects of Different Organic and Inorganic Fertilizers on Cucumber Yield and Some Soil Properties. *Journal of Agricultural Sciences* 5: 408-414.
- 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. *Rev. Chapingo Ser. Hort.* 12: 183-189.
- Márquez, H. C., R. P. Cano, y D. N. Rodríguez (2008). Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate de invernadero. *Agric. Téc. Méx.* 34: 69-74.
- Moreno RA; Valdés PMT; Zarate LT (2005). Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. *Agric. Téc.* 65: 26-34.
- Ortiz C., J; S, F. Castillo., M, M-C., y A, T., Garcia (2009). Características deseables de planta de pepino crecida en invernadero e hidroponía en altas densidades de población. *Rev. Fitotecnia Mexicana.* 32:289-294.
- Tringovska, I. and T. Dintcheva (2012). Vermicompost as Substrate Amendment for Tomato Transplant Production. *Sustainable Agriculture Research* 1:115-122.

PRODUCCIÓN DE ALGODÓN CON FERTILIZACIÓN ORGANICA

López Martínez, J. D.^{1*}; Navarro Morones, M.² ; Trejo Escareño, H. I.¹; García Hernández, J. L.¹; Vázquez Vázquez, C.¹

¹ Facultad de Agricultura y Zootecnia-Universidad Juárez del Estado de Durango. Apartado Postal 142 CP 35000. Gómez Palacio, Durango. Doctorado Institucional en Ciencias Agropecuarias Forestales.

²Estudiante de Doctorado Institucional en Ciencias Agropecuarias Forestales. Facultad de Agricultura y Zootecnia-Universidad Juárez del Estado de Durango. Apartado Postal 142 CP 35000. Gómez Palacio, Durango.

*Autorresponsable: jose_dimaslopez@hotmail.com

Resumen

La Comarca Lagunera es la principal cuenca lechera del país, aquí existen cerca de 500,000 cabezas de ganado vacuno con una producción de leche cercana a seis millones de litros diarios. En esta región se producen cerca de 1 200 000 Mg de estiércol bovino anualmente; lo cual permite plantear la posibilidad de su utilización en la agricultura, para; reducir la utilización de productos químicos y así abatir costos de producción e índices de contaminación. El objetivo fue determinar el mejor tratamiento de estiércol bovino solarizado y densidad de plantas que produzca la mejor calidad de fibra, así como evaluar propiedades físicas del suelo. El experimento se realizó en el ciclo de primavera-verano del 2011, en el campo agrícola (CAE-FAZ-UJED), el cual se ubica en el Km. 28 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo Los factores evaluados fueron densidad de siembra (120,000 plantas ha⁻¹, y 240, 000 plantas ha⁻¹) y estiércol bovino solarizado (0, 40, 80, 120 kg ha⁻¹ y un tratamiento químico de 120-60-00 kg ha⁻¹ de N-P-K. Las variables evaluadas fueron: humedad, temperatura del suelo, calidad de fibra y rendimiento,. En lo referente a rendimiento el mejor tratamiento fue el tratamiento de 80 t ha⁻¹ con 120,000 p ha⁻¹ . Para temperatura las más altas fueron en las dosis de 120, 40, 80 t ha⁻¹; en calidad de fibra no existió diferencia entre tratamientos. Se concluye que el tratamiento que obtuvo el mayor rendimiento fue el 80 t ha⁻¹ con 120,000 plantas ha⁻¹.

Palabras clave: Fertilidad de suelo; solarización; surcos ultra-estrechos

Introducción

La región Lagunera se ubica en los estados de Coahuila y Durango, México, donde el algodón es un cultivo de gran tradición e importancia, desde los inicios de las actividades agropecuarias ya que se han tenido registros de siembra de hasta 120, 000 ha en un solo ciclo de cultivo en la década de los sesenta. (SAGARPA 2004). El sistema actual de producción del algodón se caracteriza por usar gran cantidad de insumos, agua, fertilizantes e insectidas). La Comarca Lagunera es la principal cuenca lechera del país, existen cerca de 500,000 cabezas de ganado vacuno de las cuales 280,000 están en línea de ordeña con una producción de leche cerca a los seis millones de litros diarios(SAGARPA, 2011).

Los abonos orgánicos (estiércol, compost, residuos de cosecha, etc.) se recomiendan en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrimentos para la planta (Castellanos *et al.*, 1996).

Siendo los abonos orgánicos una alternativa para la reducción de insumos de una manera sustentable. Afectando el medio ambiente de una manera positiva, ser económico y rentable, y mejorar la calidad de la fibra (Bahman and Power, 1999). Por lo anterior el objetivo de este estudio

fue determinar la dosis de estiércol bovino solarizado, así como la mejor densidad de siembra en la producción de algodón durante el desarrollo fenológico del cultivo.

Materiales y Metodos

El experimento se realizó en el ciclo de primavera-verano del 2011, en el campo agrícola (CAE-FAZ-UJED), el cual se encuentra ubicado en el Km. 28 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, a inmediaciones del ejido Venecia, Mpio. de Gómez Palacio, Dgo. México. El sitio tiene una altitud de 1139 m. 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 °C, con rangos de 38.5 °C como media máxima y 16.1 °C como media mínima. La evaporación anual media aproximadamente es de 2396 mm.

Variables a Evaluar y Análisis Estadístico

Temperatura del suelo (°C) usando geotermómetros; humedad del suelo (%). Utilizando el método gravimétrico, calidad de fibra (longitud, resistencia y finura) y rendimiento de algodón en hueso ($t\ ha^{-1}$). Los espacios de exploración se establecieron de la siguiente forma. Factor A (densidad de siembra) A1= 120,000 plantas* ha^{-1} , y A2= 240, 000 plantas* ha^{-1}) Factor B (niveles de estiércol bovino $t\ ha^{-1}$), B1 = 00 $t\ ha^{-1}$, B2 = 40 $t\ ha^{-1}$, B3 = 80 $t\ ha^{-1}$; B4 = 120 $t\ ha^{-1}$ y B5= fertilización química con la dosis recomendadas para esta región por Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), de 120-60-00 kg de nitrógeno, fosforo y potasio (N, P, K) respectivamente, se utilizo el diseño experimental de bloques al azar con arreglo en franjas (Olivares, 1996) con tres repeticiones; La siembra se efectuó el 16 de Abril del 2011 en seco, de manera directa. Con una distancia entre surcos de 20 cm para la población de 120 000 plantas $t\ ha^{-1}$ la distancia entre planta fue de 41.6 cm para la población de 240 000 plantas $t\ ha^{-1}$ la distancia entre plantas fue de 20.8 cm.

Resultados y Discusion

En lo que respecta a humedad del suelo; los resultados para dosis de fertilización (factor B) estos se presentan en la Figura 1. Se aprecia que el valor de humedad más alto que se registro fue en los tratamientos de 80 y 40 $t\ ha^{-1}$ con valores de 34 y 31 y% para la fecha de muestreo del 25 de mayo respectivamente. Observando que los valores más bajos de humedad se presentaron para la fecha de muestreo del 3 de junio y en los tratamientos 0 $t\ ha^{-1}$ y fertilización química. Similares resultados fueron encontrados por Mora et al., (2001). y coinciden con Smart y Bradford (1996), (Martínez *et al.*, 1999) y Medrano (2002) quienes indican que la labranza de conservación con cobertura reducen la erosión, evaporación y conservan mas humedad, y mencionan que la presencia de estiércol solo o combinado con algún residuo vegetal aplicado a la superficie del suelo, permite mayor infiltración, además de mejorar la función del control de la perdida de agua.

Temperatura del suelo

Al considerar los resultados de temperatura del suelo para dosis de fertilización (factor B) estos se presentan en la Figura 2. Se aprecia que las temperatura más alta que se registro fue en el tratamiento de 120 $t\ ha^{-1}$ con valores de 41 y 30 °C a las profundidades de 0-7.5 y 7.5-15 cm respectivamente. La temperatura menor se presentoo en el tratamiento 40 $t\ ha^{-1}$ con valores de 37 y 31 °C a las profundidades de 0-7.5 y 7.5-15 cm respectivamente, siguiéndole el tratamiento de 80 $t\ ha^{-1}$ con temperaturas de de 40 y 29 °C a las profundidades de 0-7.5 y 7.5-15 cm respectivamente.

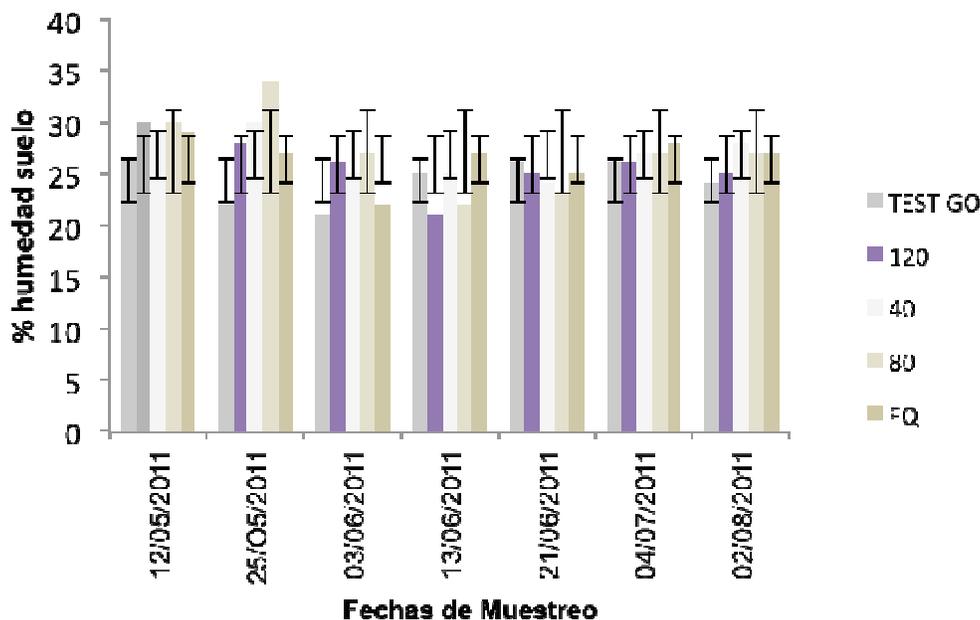


Figura 1. % de humedad del suelo según fechas de muestreo y dosis de fertilización en el cultivo de algodón sembrado en altas densidades. FAZ-UJED. 2011.

En general todos los tratamientos evaluados tienen valores óptimos de temperatura para una buena actividad enzimática de los microorganismos que degradan la materia orgánica. Frank *et al.*, (1992) quienes reportaron que bajo condiciones de temperatura ambiente cálida, las bacterias nitrificantes son más eficientes que las bacterias heterotróficas de amonio, mientras que en condiciones frías el comportamiento es inverso.

Rendimiento

Los resultados para calidad de fibra; indican no diferencia entre tratamientos para longitud, resistencia y finura tanto para el factor (A) densidad de plantas como para dosis de estiércol factor (B).

En el Cuadro 1 se aprecia diferencia para el efecto simple (dosis de fertilización): observándose en el Cuadro 2 para el factor B (estiércoles) que el mejor tratamiento fue el de 80 t ha⁻¹ con 7295.7 kg ha⁻¹ de algodón en hueso, seguido del tratamiento de 40 t ha⁻¹ con 7095.1 kg ha⁻¹. Similares resultados fueron encontrados en maíz, en suelos negros (arcillosos) del Noreste del estado de Chihuahua por Ortíz y Amado, 2003.

Conclusiones

En lo referente a rendimiento el tratamiento que obtuvo los más altos resultados fue el tratamiento de 80 t ha⁻¹ con 120,000 p ha⁻¹.

Para temperatura las más altas fueron en las dosis de 120, 40, 80 t ha⁻¹; siendo a la profundidad de 0-7.5cm donde se encontró la temperatura media más alta en la dosis de 120 t ha⁻¹ con una media de 37.75 °C. En lo que respecta a temperatura del suelo; los resultados para dosis de fertilización (factor B) estos se presentan en el Cuadro 3. Se aprecia que las temperatura más alta que se registro fue en el tratamiento de 120 t ha⁻¹ con valores de 41 y 30 °C a las profundidades de 0-7.5 y 7.5-15 cm respectivamente. Teniendo la temperatura mas baja en el tratamiento 40 t ha⁻¹ con valores de 37 y 31 °C a las profundidades de 0-7.5 y 7.5-15 cm respectivamente. Siguiendole el tratamiento de 80 t ha⁻¹ con temperaturas de de 40 y 29 °C a las profundidades de 0-7.5 y 7.5-15 cm respectivamente.

Los resultados de dosis de fertilización para humedad del suelo (factor B) se presentan en el Cuadro 4. Se aprecia que el valor de humedad más alto que se registro fue en los tratamientos de 80 y 40 t ha⁻¹ con valores de 34 y 31 y% para la fecha de muestreo del 25 de mayo respectivamente.

Observando que los valores mas bajos de humedad se presentaron para la fecha de muestreo del 3 de junio y en los tratamientos 0 t ha⁻¹ y fertilización química.

En lo referente a calidad de fibra (longitud, finura y resistencia No existió diferencia entre tratamientos ni entre factor A y B.

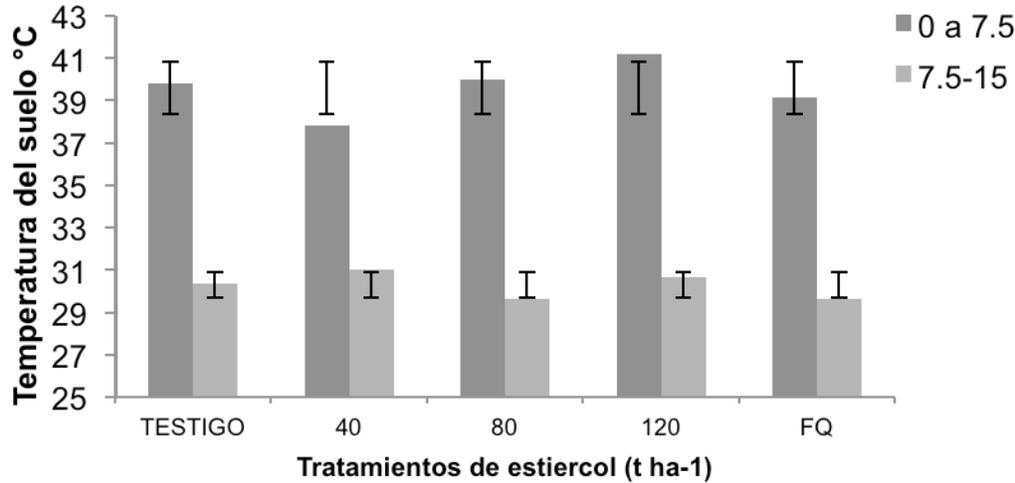


Figura 2. Temperatura del suelo en función de tratamientos de fertilización. CAE-FAZ-UJED. 2011.

Cuadro 1. Análisis de Varianza para rendimiento de algodón en el 2011. DICAF-UJED

Fuente de Variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F-Valor	Pr > F
Bloque	2	250395.817	125197.908	0.39	0.6910
Densidad	1	3441192.008	3441192.008	10.64	0.0115
Densidad*Bloque	2	1088007.817	544003.908	1.68	0.2455
Dosis de Estiércol	4	5594440.833	1398610.208	4.33	0.0373
Densidad*Dosis	4	6034597.367	1508649.342	4.67	0.0308
Dosis*Bloque	8	2069417.767	258677.221	0.80	0.6199
Error	8	2586331.43	323291.43		

C.V= 8.107521
R²= 0.877218

Cuadro 2. Rendimiento Promedio de algodón por tratamiento de estiércol para el año 2011, DICAF-UJED.

Dosis de Estiércol	Rendimiento Promedio Kg ha ⁻¹
0	6834.5 ab
40	7095.1 ab
80	7795.7 a
120	6821.8 ab
F.Q (120-60-00)	6518.3 b

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

Bibliografía

- Bahman, E. y J. F. Power (1999). Composted and no-composted manure application to onventional and no-tillage systems: Corn yield and nitrogen uptake. *Agronomy Journal* 91: 819-825.
- Castellanos, J. Z.; Marquez-Ortiz, J. J.; Etchevers-Barra, J. D.; Aguilar-Santelises, A. y Salinas, J. R. 1996. Long-term effect of dairy manure on forage yields and soil properties in an arid irrigated region of Northern Mexico. *Terra (México)* 14: 151-158.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Editorial Offset Larios, S. A. México, D.F.
- Frank, J. M V; Hendrik, D. y Hendrikus, J. L. 1992. Competition for ammonium between nitrifying and heterotrophic bacteria in continuously percolated soil columns. *Applied and Environmental Microbiology (USA)* 58(10): 3303-3311.
- Martínez, R de C. E., A. C. Godoy, L. G. García, y M. J. R. Díaz. 1999. Labranza de conservación: una alternativa para la producción de avena forrajera en la Comarca Lagunera. *In: Memorias del X Congreso Nacional De Investigación Y Desarrollo Tecnológico Agropecuario I.T.A. N° 23 Oaxaca, Oax. 1999. p.47 .*
- SAGARPA 2004. Sector Agropecuario. Un resumen económica. Un resumen económico anual de la Comarca Lagunera. El siglo de Torreón.
- SAGARPA, 2011. Delegación en la región lagunera, subdelegación de ganadería. Suplemento de Economía, Comarca Lagunera. Publicación anual. (México). 1 de enero de 2012.
- Smart, J.R. and J.M. Bradford 1996. Conservation tillage for a semi-arid subtropical environment. United States Department of Agriculture Research Service. Weslaco Texas 78596 VI Congreso Internacional de AMIA.
- Ortiz F. P. y J. P. Amado A. 2003. Tecnología para producir maíz con riego por goteo subterráneo. Folleto Técnico No 18. INIFAP Campo experimental "Sierra de Chihuahua". Pp 27.
- Olivares, S.E. (1996). Disenos Experimentales con aplicacion a la experimentacion agricola y pecuaria. Facultad de Agronomia de la U.A.N.L., Marin, Nuevo Leon, Mexico. p 183-190.

CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA Y RENDIMIENTO DE GRANO DE TRES GENOTIPOS DE FRIJOL ORGANICO PARA LA COMARCA LAGUNERA

Luna Ortega J.G.^{1*}; García Hernández J.L.¹ Guerrero Guerrero, C.²; Ruedas Alba C.D.¹; González Zamora, A.¹; Ramírez Ibarra J.A.¹; Troyo Diéguez, E.³

¹ Facultad de Agricultura y Zootecnia-Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Pal., Dgo. México.

² Academia de Investigación CETIS No 59 Torreón Coahuila, México.

³ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. S.C. Mar Bermejo No.195 colonia Playa de Santa Rita.

*Autor responsable: Lupe_lunao@yahoo.com.mx, Calle A. Obregón Núm. 42 bis, Col. Montemayor, Fco I Madero, Coahuila. México. CP 27900; Tel. +52(871)-157-4875

Resumen

Con el objetivo de caracterizar el rendimiento de grano de tres genotipos de frijol, uno de frijol yorimón y dos de frijol dolichus negro y café, se realizó el presente trabajo en el campo 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. México. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones, la parcela experimental fue de 300 plantas, utilizando únicamente 10 plantas por parcela útil. En cuanto a los análisis de varianza, los genotipos presentaron diferencias significativas al ($P \leq 0.01$), para rendimiento de grano, peso de la vaina completa, peso de cien semillas, peso de semillas por planta, total de semillas por planta, semillas por vaina, racimos por planta y vainas por planta, con respecto a las dosis de fertilización y fertilización por genotipo los caracteres que mostraron diferencias altamente significativas al ($P \leq 0.01$) fueron racimos por planta y total de semillas por planta. En cuanto a las medias de todos los caracteres evaluados, estas oscilaron desde 5.47 del carácter semillas por vaina hasta 3154.61 kg ha⁻¹ para rendimiento de grano. Los coeficientes de variación de los análisis de varianza son considerados desde 6.14 de semillas por vaina hasta 22.7 de vainas por planta. En el rendimiento promedio de grano el dolichus negro fue superior a los demás con 6103 kg ha⁻¹, siguiéndole el yorimón con 2315.8 kg ha⁻¹ y el ultimo en rendimiento fue dolichus café 1045 kg ha⁻¹.

Palabras Clave: rendimiento de grano; genotipos; fertilización

Introducción

El frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), es esencial como componente nutritivo en la dieta humana, consumido como verdura o como grano y es un excelente alimento para el ganado (Davis *et al.*, 1991). A nivel mundial para el año 2003, se estimó una producción de 3.4 millones de toneladas de grano y 3.2 de vaina fresca (FAO, 2006), algunas de las ventajas comparativas de este cultivo con respecto al frijol común son: mayor porcentaje de proteína de la vaina (24.4 %), menor tiempo de cocción del grano, tolerancia a la sequía, a la pudrición de la raíz y mayor potencial de rendimiento en grano (1.5 ton ha⁻¹) (Flores, 2004; Fery y Duke, 1995), además la cosecha puede ser mecanizada (Ávila, 2006). Esta leguminosa presenta grandes posibilidades de sustento en regiones temporales. En México las principales áreas de producción son: Tamaulipas, Baja California Sur, Norte de Sinaloa y Sur de Sonora, en estas, su producción forma parte de los cultivos tradicionales y su explotación es principalmente para autoconsumo (Murillo *et al.*, 2000). El frijol chino es considerado originario del continente asiático, y de ahí se distribuyó por todo el mundo, ahora se puede encontrar sembrado en varios países del continente Africano, Europeo y Americano, siendo este último donde es más consumido (Duke, 1981). Las estructuras de la planta de frijol chino son consideradas como fuente de

alimento básico para una buena nutrición, así, en África las hojas verdes de este tipo de frijol, son importantes para el consumo humano. También se consumen las vainas inmaduras y a menudo se mezcla con otros alimentos. En el Oeste de África, en la India, los Estados Unidos de América y México se consume el grano seco y la vaina fresca. Además es considerado como un excelente alimento en verdura por su alto contenido de proteínas (24.4 %), carbohidratos (63.6 %), y vitaminas.

Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en el ciclo Primavera-Verano del 2011, en el campo 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. Tiene un clima seco desértico ó 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 es de 2000 mm. El período 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) son considerados los más fríos.

Material genético evaluado

Los genotipos de frijol son: 1. Yorimón, 2. dolichus negro, 3. dolichus café.

Manejo agronómico

La siembra se realizó en julio de forma manual en surcos de 70 cm de ancho y 10 cm de distancia entre plantas dando una población de 123 000 plantas ha⁻¹, depositando la semilla en la parte superior del surco a una profundidad de 4 cm previo a la siembra. Se realizó barbecho, rastreo y nivelación del terreno, implementándose el riego por goteo con agua de calidad (buena calidad). Para mantener el cultivo libre de malezas, se realizaron deshierbes manuales periódicamente y con respecto al control de plagas y enfermedades, no se presentaron daños significativos por lo cual no se realizó ningún tipo de aplicación para el control de éstas. Los muestreos y/o cosecha de grano en los genotipos se realizaron durante los meses de agosto, septiembre y octubre.

Variables cuantificadas

En cada uno de los cultivares se midieron las variables consideradas como componentes del rendimiento de grano. Las características de rendimiento de grano se registraron cuando las vainas presentaron su madurez fisiológica (12% de humedad). Las vainas se cosecharon colocándose en bolsas de papel, se pesaron, se desgranaron, se determinó el peso de la semilla y se calculó el rendimiento en t ha⁻¹. También se evaluó RP=racimos por planta, VP=vainas por planta, SV=semillas por vaina, PSP=peso de semilla por planta, PCS=peso de 100semillas, PVC=peso de la vaina completa, R/Ha=rendimiento por hectárea y TSP=total de semillas por planta.

Diseño experimental y análisis estadístico

El experimento se estableció bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con dos repeticiones, donde las unidades experimentales estuvieron representadas por seis surcos de 5 m de largo y 70 cm de ancho. Para medir el rendimiento de grano y el resto de las caracteres de cada uno de los genotipos de los seis surcos de la parcela experimental, se consideraron los tres surcos centrales, a los cuales se les eliminó 100 cm de cada extremo, para un total de 3 m de longitud de cada surco, con una superficie como parcela útil de 12 m². Se realizó ANVA y en los factores que resultaron con significación estadística se realizaron las comparaciones de medias res utilizando la prueba de LSD (P≤0.05). Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete (SAS, 2001).

Resultados y Discusión

En el ANVA del Cuadro 1 se encontraron diferencias altamente significativas (P≤0.01) entre los diferentes genotipos de frijol orgánico, para todos los caracteres del rendimiento de grano como son: rendimiento de grano, peso de la vaina completa, peso de cien semillas, peso de semilla por planta, total de semillas por planta, semillas por vaina, racimos por planta y vainas por planta. Para la

interacción de los genotipos con las diferentes dosis de estiércol en los caracteres RP y TSP resultaron con alta significancia, lo que manifestó el efecto diferente de las dosis de estiércol en cada uno de los genotipos utilizados en el presente trabajo, en el resto de los caracteres evaluados para la misma interacción no hubo significancia, lo que manifiesta que el estiércol utilizado en sus diferentes dosis tubo el mismo efecto para todos los genotipos utilizados. Las medias de los caracteres evaluados fueron desde la más alta que fue para rendimiento de grano de 3154.61 kg ha⁻¹, hasta la menor que fue para semillas por vaina con 5.47. Los coeficientes de variación fueron desde 22.7 % para vainas por planta (VP) a 1.78 % para total de semillas por planta (TSP), lo que muestra que estuvieron dentro de los rangos aceptables, estos valores, nos demuestran la confiabilidad de la conducción del experimento.

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza de ocho caracteres agronómicos de tres genotipos de frijol orgánico para rendimiento de grano en la FAZ-UJED 2011

FV	GL	RG t ha ⁻¹	PVC g	PCS g	PSP g	VP	RP	SV	TSP
G	3	6729.8**	2872.**	100.3**	97.4**	4373.4**	51.3**	79.8**	5458.9**
F	2	24182.0	0.36	1.72	6.47	56.73	0.22**	0.28	147.7**
R	1	734.7	324.9	0.00	4.15	34.72	3.04**	2.17*	213.5**
F*G	3	85109.0	150.7	2.05	7.29	18.71	0.02**	0.00	57.8**
R*G	3	56175.8	22.7	2.29	5.28	13.30	1.54**	1.06*	69.4**
R*F	2	210063.3	74.7	4.99	4.52	5.08	1.07**	0.10	143.6**
ERROR	3	300136.1	93.0	2.42	21.24	44.79	10.01	0.11	2.37
MEDIA		3154.6	32.7	14.50	20.99	29.47	6.92	5.47	86.5
C.V. (%)		17.3	19.4	10.74	21.95	22.70	10.20	6.14	1.78

FV=fuentes de variación, GL=grados de libertad, PVC=peso de la vaina completa, PCS=peso de cien semillas, PSP=peso de semillas por planta, VP=vainas por planta, RP=racimos por planta, SV=semillas por planta, TSP=total de semillas por planta.

Cuadro 2. Rendimiento promedio de los genotipos de frijol, para ocho caracteres agronómicos de tres genotipos de frijol orgánico, para rendimiento de grano en la FAZ-UJED 2011.

GENOTIPO	RG Kg ha ⁻¹	PVC g	PCS g	PSP g	VP	RP	SV	TSP
YORIMON	2315.8 B	18.92B	13.19B	15.10B	13.80B	6.93B	10.58A	100.30B
DOLICHUS NEGRO	6103.0 A	63.61A	20.03A	40.69A	67.46A	10.50A	3.53B	114.56A
DOLICHUS CAFE	1045.0 C	15.64B	10.29C	7.12C	7.16C	3.33C	2.31C	44.66C

FV=fuentes de variación, GL=grados de libertad, PVC=peso de la vaina completa, PCS=peso de cien semillas, PSP=peso de semillas por planta, VP=vainas por planta, RP=racimos por planta, SV=semillas por planta, TSP=total de semillas por planta.

Para el rendimiento de grano de los genotipos (cuadro 2) el genotipo Dolichus negro obtuvo el mayor valor con 6103.0 kg ha⁻¹, le siguió el genotipo Yorimon con 2315.8 kg ha⁻¹. Los genotipos yorimón y dolichus negro mostraron los promedios mayores en rendimiento de grano, estos resultados fueron similares a los encontrados por Diaz et al, 2001 y por último resultó el dolichus café con 1045.0 kg ha⁻¹, valores que muestran la superioridad del genotipo dolichus negro en cuanto a rendimiento de grano. Además en todos los demás caracteres evaluados este genotipo resultó con los mayores valores excepto para semillas por vaina (SV) siguiéndole el yorimon, que fue superior con un valor de 10.58. El genotipo yorimon fue el que ocupó el segundo lugar en todas las variables evaluadas excepto en SV en donde ocupó el primer lugar. El dolichus café fue el que ocupó el tercer lugar en cuanto a rendimiento de grano y en los demás caracteres.

Conclusiones

Los genotipos evaluados resultaron con alta significancia para todos los caracteres. El genotipo dolichus negro fue el que obtuvo el rendimiento mayor en rendimiento de gano, siguiéndole el yorimón y en último lugar el dolichus café. El dolichus negro presento los más altos valores en todos los componentes del rendimiento a excepto en el carácter semillas por vaina donde el yorimón fue superior.

Bibliografía

- Davis, D.W., E.A. Oelke., E.A. Oplinger., J.D. Doll., C.V. Hanson and D.H. Putman.1991. Cowpea. Alternative Field Crops Manual. University of Wisconsin, Cooperative Extension, University of Minnesota: Center for Alternative Plant and Animal Products and the Minnesota Extension Service. 11 p.
- FAO, 2006. Producción Mundial de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. [en línea]. En línea: <http://faostat.fao.org/faostat/default.jop>. (Verificado el 30 de octubre de 2008).
- Ávila, S.N.Y. 2006. Evaluaciones de producción forrajera y rendimiento de grano en cultivares de frijol Yorimón (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), y su efecto en aspectos productivos de cabras criollas. Tesis de Doctorado. Centro de investigaciones biológicas del Noroeste, S. C. La Paz Baja California Sur. México. 117 p.
- Flores, H.J.L. 2004. Impacto de las importaciones de maíz blanco y de frijol originarios de los EUA en el mercado interno de México. Centro de Estudios de Finanzas Públicas. H. Cámara de diputados LIX Legislatura. [en línea]. Disponible en. <http://www.cefp.gob.mx.pdf> (Verificado el 30 de octubre de 2008).
- Murillo-A., B., J.L. Troyo., H.L. García., H.M Landa y J.A. Larrinaga. 2000. El frijol Yorimón leguminosa tolerante a la sequía y salinidad. Programa de Salinidad en zonas áridas. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.PHYTON Int J Exp Bot 67:71-84.
- Duke, S.O. 1981. The gene revolution. Office of Technology Assessment, Background paper for innovatine biological technologies for lasser developed countries. USGPO. Washington. 150 p.
- Fery, R. L. y P.D. Dukes. 1995. Bettersnaap Southern Pea. HortScience. 30:1318-1319.
- SAS. 2001. SAS/STAT User's Guide. Release 8.1. SAS. Inst. Inc., Cary, NC, USA.
- Díaz, M.F., Padilla, C., González, A. and Curbelo, F. 2001. Agronomical features and nutritional indicators of grains in grouped maturity varieties of *Vigna unguiculata*. Cuban Journal of Agricultural Science. 35: 271-278.

CONTRASTE DE PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE UN SUELO CON MANEJO ORGÁNICO vs MANEJO CONVENCIONAL

Mercado Mancera, G.¹; Echeverría Velázquez, Y.U.²; Chávez Peralta, S.²; Adrián Serrano, P.²; Herrera Ruiz, H.²; Valencia Islas, C.E.¹

¹Departamento de Ciencias Agrícolas, FES-C, UNAM. Cuautitlán Izcalli, México.

²Licenciatura de Ingeniería Agrícola, FES-C, UNAM. Cuautitlán Izcalli, México.

*Autor responsable: gmanmer@yahoo.com.mx; Carretera Cuautitlán-Teoloyucan Km 2.5, Col. San Sebastián Xhala, Cuautitlán Izcalli, México. CP 54714; Tel. +52(556)-231-841

Resumen

La pérdida o falta de materia orgánica en el suelo influye de manera significativa en la degradación del mismo, por lo tanto, el suelo debe manejarse adecuadamente para proteger y mejorar su estructura, la actividad biológica y la fertilidad del mismo. El presente estudio tuvo como objetivo determinar el impacto del manejo orgánico vs manejo convencional del suelo, sobre las características físicas y químicas del mismo. Se realizaron dos pozos de 1m³ en una parcela con manejo orgánico (SMO) y otra con manejo convencional (SMC), para tomar muestras de suelo cada 20 cm de profundidad, en un suelo vertisol en Cuautitlán Izcalli, Méx. Se determinaron variables físicas y químicas en cada muestra: textura, color, pH potencial y real, porcentaje de nitrógeno, capacidad de intercambio catiónico, densidad real y aparente, porcentaje de saturación de bases y porcentaje de espacio poroso. Los análisis reportaron que el manejo orgánico del suelo ha favorecido el incremento de la materia orgánica con valores hasta 4.11 % a 20 cm de profundidad, casi el doble que en el SMC; asimismo, el pH se ha incrementado a ligeramente alcalino (7.56) en el SMO con respecto al SMC que tuvo 7.03 en una profundidad de 60 a 80 cm. En el SMO se presentan condiciones favorables en los valores de la D.A., D.R., % E.P., la CICT y el % N, con respecto al SMC, por lo que se concluye que el manejo orgánico del suelo favorece la fertilidad del mismo, y el incremento de los rendimientos agrícolas.

Palabras clave: Manejo orgánico; desertificación; suelo

Introducción

El manejo inadecuado de los recursos ha ocasionado en gran medida el deterioro ambiental que actualmente se vive. El sector agroalimentario del país es quien ha resentido más por el uso excesivo de agroquímicos, por ejemplo, y es el suelo el recurso que se ha impactado más. En este sentido, y considerando al proceso de desertificación como un proceso de degradación de las tierras en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas (UN, 1994), y de acuerdo a la FAO (1980), la degradación física, química y biológica, son signos de la degradación del suelo. De acuerdo con el Tercer Informe Nacional México 2002-2005 en materia de implementación de la UNCCD (UNCCD, 2006), la degradación química (pérdida de fertilidad de suelos, salinización) afecta el 16.4 % y la física (compactación, encostramiento, aridificación) se presenta en el 4.3 % del territorio nacional.

Ruiz y Febles (2004) apuntaron que el suelo que posee menos del 50 % de saturación de bases se ubica en el 20 % del país y que la degradación química por pérdida de nutrientes (lixiviación de las bases) afecta al 15 % del territorio nacional. En este sentido, la degradación del suelo es un término amplio de la disminución de la capacidad del suelo para producir bienes de valor para los seres humanos, es un proceso a largo plazo que pueden resultar de la erosión, el agotamiento de los nutrimentos del suelo, la contaminación del suelo, la salinización y/o el deterioro de la estructura del

suelo. Por lo general, el agotamiento de los nutrimentos del suelo es la pérdida neta de nutrimentos para las plantas debido a efectos de la actividad agrícola, de manera directa (laboreo) e indirecta (erosión, escorrentía), y de los procesos naturales del suelo (lixiviación, desnitrificación). El proceso de deterioro es a largo plazo, y la fertilidad del suelo puede considerarse un stock que tiene características dinámicas y procesos de renovación sujetos a influencias estocásticas (Farquharson *et al.*, 2008). La pérdida o falta de materia orgánica en el suelo influye de manera significativa en la degradación del mismo; los residuos de plantas (cosecha u hojarasca) protegen al suelo del impacto erosivo de la lluvia, del viento, asimismo, ayuda a la conservación de la humedad del suelo por la disminución de la evaporación (Hillel y Rosenzweig, 2002).

Chocano *et al.* (2007) señalaron que en la agricultura ecológica (AE), dentro de sus fundamentos, se reconoce al suelo como la base de una buena gestión agraria por lo que su manejo debe realizarse con el objetivo de proteger y mejorar su estructura, la actividad biológica y la fertilidad. Asimismo, para un manejo juicioso de los recursos en la agricultura es necesario un enfoque global del agrosistema ligado al manejo de los demás factores de producción: la fertilización orgánica, el laboreo racional, las cubiertas vegetales bien manejadas, las rotaciones y asociaciones, el mantenimiento de la biodiversidad, las variedades adaptadas, y los tratamientos culturales, entre otras. Toda vez que la agricultura es una actividad productiva que implica la remoción de la cobertura vegetal natural, es importante mencionar a la agricultura sustentable como una opción menos dañina para el ambiente, en comparación con la agricultura intensiva que depende de agroquímicos y maquinaria pesada. Para que la agricultura sea sustentable hay que manejar adecuadamente el suelo, el agua y las especies que se cultivan, de manera que la capacidad productiva del agrosistema no se agote (Carabias, 2009).

Para conocer el impacto que tienen las actividades convencionales (laboreo mecánico, uso de agroquímicos en general), se realizó un estudio de las características físicas y químicas del suelo, en una fracción de la parcela 14 (2,000m²) del área agrícola de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM (FES-C), en la cual, durante los últimos 15 años no se han aplicado agroquímicos, periodo en el cual se ha incorporado materia orgánica, a través de estiércoles de bovino, y de residuos de cosecha (hortalizas, frijol, maíz, entre otros). El resto de la parcela 14 (1.5 ha) se ha manejado en forma convencional, principalmente para la producción de maíz forrajero, avena y alfalfa. Por lo anterior, el estudio tuvo como objetivo determinar el impacto del manejo orgánico vs manejo convencional del suelo, sobre las características físicas y químicas del mismo.

Materiales y Métodos

El presente estudio se llevo a cabo en la parcela 14 de la FES-C, que se localiza en el Municipio de Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, a una altitud de 2256 m; su clima es templado subhúmedo, el más seco de los subhúmedos, con lluvias de verano, una temperatura promedio de 15.2 °C; y una precipitación promedio de 607.9 mm (Mercado, 2013). Para el análisis del suelo, el muestreo se realizó el día 23 de marzo del 2013 en las dos áreas por analizar bajo las consideraciones de Valencia y Hernández (2002). Se escavaron dos pozos de 1 m³ cada uno: Pozo 1 (coordenadas N 19.6926, W 99.1929) y Pozo 2 (coordenadas N 19.6931, W 99.1929) y se tomaron muestras cada 20 cm de profundidad, para su posterior análisis en el laboratorio de Edafología de la FES-C. Se siguieron las técnicas analíticas del Manual de Prácticas del Laboratorio de Edafología (Valencia, 2012) bajo las siguientes consideraciones: para la determinación de textura método de Boyoucos (1962), color en seco y húmedo con las tablas Munsell (1975), densidad aparente (método de la probeta), densidad real (método del matraz), porcentaje de espacio poroso (calculado mediante fórmula), porcentaje de materia orgánica (método de Walkley y Black), porcentaje de nitrógeno (método de Kjeldhal), pH potencial (relación 1:2.5 con KCl pH 7), y pH real (relación 1:2.5 en agua), la capacidad de intercambio catiónico total (técnica de percolación con NaCl y CaCl₂) y el porcentaje de saturación de bases (calculado mediante fórmula).

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio correspondientes, mostraron valores que logran visualizar diferencias entre el suelo sometido a manejo orgánico vs el suelo manejado de forma convencional. A continuación se explican dichos resultados.

En el Cuadro 1 se presenta la clase textural obtenida en el análisis de cuatro muestras tomadas en el perfil de cada pozo: POZO 1: Suelo con manejo orgánico (SMO). POZO 2: Suelo con manejo convencional (SMC). En este cuadro se observa que la textura a lo largo del perfil del SMO es fina y la textura del SMC es media lo que lleva a deducir que debe existir una mayor dificultad para el manejo del SMO, lo cual no ocurre, ya que en el cuadro 2 se observa que la D.A es más baja en este suelo, lo que indica una mayor agregación y una menor compactación, que permiten una adecuada circulación de agua y aire a lo largo del perfil, lo que se puede corroborar por el % EP el cual es medio o adecuado en este suelo.

Cuadro 1. Clase Textural, a cuatro profundidades en cada perfil de suelo analizado.

Profundidad	POZO 1				POZO 2			
	% ARCILLA	% LIMO	% ARENA	CLASE TEXTURAL	% ARCILLA	% LIMO	% ARENA	CLASE TEXTURAL
0-20	45.24	13.28	41.48	Arcilla	27.80	34.36	37.84	Franco-Arcilloso
20-40	40.88	13.64	45.48	Arcilla	29.08	33.08	37.84	Franco-Arcilloso
40-60	46.88	17.28	35.84	Arcilla	28.16	32.36	39.48	Franco-Arcilloso
60-80	34.88	15.28	49.84	Franco-Arcillo-Arenoso	24.52	34.00	41.48	Franco

Interpretación: Triángulo de Textura (USDA, 1954).

En el Cuadro 2 se presentan los datos de densidad aparente (D.A.), densidad real (D.R.) y porcentaje de espacio poroso (% E.P.), que permiten deducir que la menor compactación del SMO respecto al SMC, se puede atribuir a la materia orgánica sobre estas características físicas del suelo (Cuadro 4), la cual además ayuda a mejorar las condiciones de humedad, aireación, entre otras características físicas del suelo.

Cuadro 2. Densidad aparente, densidad real y porcentaje de espacio poroso, a cuatro profundidades en cada perfil de suelo analizado.

Profundidad	POZO 1					POZO 2				
	D.A. (g cm ⁻³)	Interpretación	D.R. (g cm ⁻³)	% E. P.	Interpretación	D.A. (g cm ⁻³)	Interpretación	D.R. (g cm ⁻³)	% E. P.	Interpretación
0-20	1.14	Media	2.24	49.0	Medio o adecuado	1.34	Alta	2.36	43.2	Medianamente amplio
20-40	1.15	Media	2.33	50.6	Medio o adecuado	1.34	Alta	2.47	45.7	Medianamente amplio
40-60	1.12	Media	2.35	52.2	Medianamente reducido	1.30	Medianamente alta	2.37	45.0	Medianamente amplio
60-80	1.17	Medianamente baja	2.28	48.8	Medio o adecuado	1.26	Media	2.34	46.4	Medio o adecuado

Interpretación: Tablas de Interpretación de propiedades físicas del suelo (Uvalle y Osorio, s/f).

El color (Cuadro 3) de la parcela de SMO muestra una tonalidad más oscura, en comparación del SMC, esto se debe en gran medida al mayor porcentaje de materia orgánica (Cuadro 4) que presenta

dicho suelo, por lo tanto, se puede establecer el efecto positivo del manejo orgánico en esta propiedad física del suelo, la cual está asociado con una mayor fertilidad.

Cuadro 3. Color en seco y en húmedo, a cuatro profundidades en cada perfil de suelo analizado.

Profundidad	POZO 1				POZO 2			
	CLAVE	SECO Interpretación	CLAVE	HÚMEDO Interpretación	CLAVE	SECO Interpretación	CLAVE	HÚMEDO Interpretación
0- 20	10YR 5/1	Gris	10YR 3/1	Gris Muy Oscuro	10YR 5/2	Pardo Grisáceo	10YR 3/1	Gris Muy Oscuro
20-40	10YR 6/1	Gris a Gris Claro	10YR 2/1	Negro	10YR 5/2	Pardo Grisáceo	10YR 3/1	Gris Muy Oscuro
40-60	10YR 5/1	Gris	10YR 3/1	Gris Muy Oscuro	10YR 5/2	Pardo Grisáceo	10YR 3/1	Gris Muy Oscuro
60-80	10YR 6/1	Gris a Gris Claro	10YR 3/1	Gris Muy Oscuro	10YR 5/2	Pardo Grisáceo	10YR 4/2	Gris Muy Pardo Grisáceo Oscuro

Interpretación: Tablas Munsell (1975) para la interpretación del color del suelo.

El porcentaje de materia orgánica y de nitrógeno total representan la respuesta del suelo a la incorporación de residuos orgánicos. En el SMO se observa que la materia orgánica en el estrato de 0-20 cm se presenta casi al doble del valor del SMC (Figura 1). También se observa que los contenidos de materia orgánica en el perfil del SMC fueron clasificados como mediano y bajo respectivamente, en contraste con el SMO que presenta un contenido que va de extremadamente rico a rico en materia orgánica y muy altos a altos en nitrógeno total en el perfil.

Cuadro 4. Porcentaje de materia orgánica y porcentaje de nitrógeno total, a cuatro profundidades en cada perfil de suelo analizado.

Profundidad	POZO 1				POZO 2			
	% M.O.	Interpretación	% N total	Interpretación	% M.O.	Interpretación	% N total	Interpretación
0- 20	4.11	Extremadamente rico	0.39	Muy altos	2.15	Rico	0.16	Moderados
20-40	2.87	Rico	0.21	Altos	1.99	Mediano	0.16	Bajos
40-60	2.54	Rico	0.19	Moderados	1.33	Mediano	0.11	Bajos
60-80	2.91	Rico	0.22	Altos	1.00	Mediano	0.07	Bajos

Interpretación: Moreno (1970).

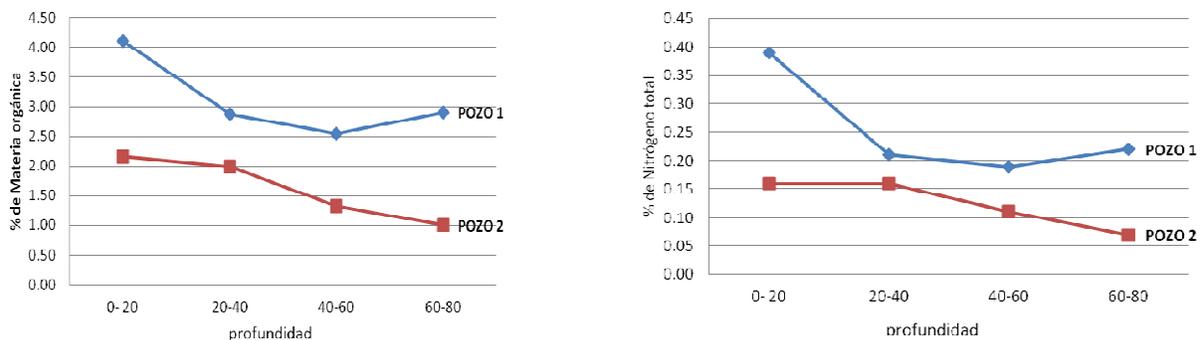


Figura 1. Variación del porcentaje de materia orgánica y de nitrógeno total, con respecto a la profundidad.

El pH real obtenido en el SMO se clasifica entre neutro a ligeramente alcalino y el pH potencial de medianamente ácido a ligeramente alcalino (Cuadro 5), lo que muestra el efecto de la incorporación de estiércol bovino quien genera el incremento del pH (Figura 2) como señalaron Jiménez *et al.* (2004) y Trinidad (s/f). Este incremento en el valor del pH se explica por el incremento en el contenido de carbono orgánico, que actúa como un regulador inactivando hidrógeno (Pikull y Allmaras, 1986).

Al relacionar el pH con el % SB (Cuadro 6) se observa que es más elevado en el SMO que en el SMC, lo que indica que los sitios de intercambio están más saturados por bases intercambiables que por especies ácidas, lo que se traduce en una mayor fertilidad para el SMO. La CICT y el % SB (Cuadro 5) determinados en cada pozo muestran que ambos suelos presentan muy baja CICT aunque en el % SB se observan contrastes significativos entre el SMO y el SMC.

Cuadro 5. pH potencial y pH real, a cuatro profundidades en cada perfil de suelo analizado.

Profundidad	POZO 1				POZO 2			
	pH potencial	Interpretación	pH real	Interpretación	pH potencial	Interpretación	pH real	Interpretación
0- 20	5.90	Medianamente ácido	6.92	Neutro	5.80	Medianamente ácido	6.81	Neutro
20-40	5.85	Medianamente ácido	7.20	Muy ligeramente alcalino	5.62	Medianamente ácido	6.81	Neutro
40-60	5.86	Medianamente ácido	7.32	Muy ligeramente alcalino	5.59	Fuertemente ácido	7.01	Neutro
60-80	6.22	Ligeramente ácido	7.56	Ligeramente alcalino	5.89	Medianamente ácido	7.03	Neutro

Interpretación: Moreno (1978).

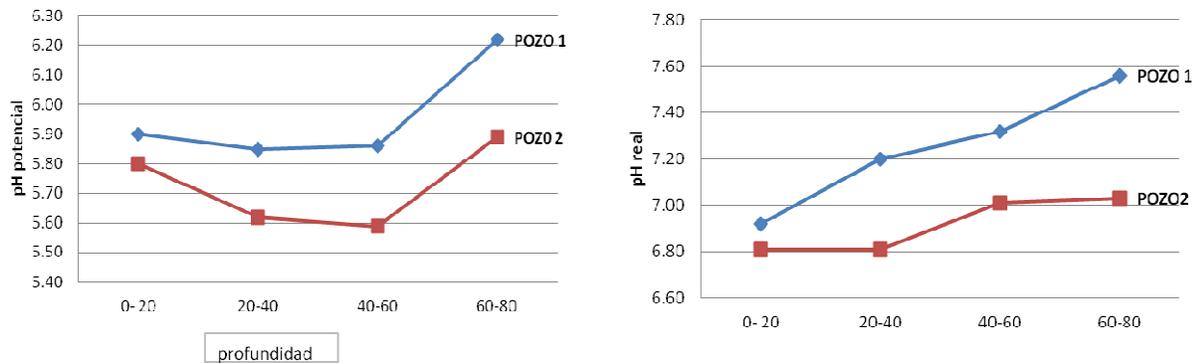


Figura 2. pH potencial y pH real, a cuatro profundidades en cada perfil de suelo analizado.

Cuadro 5. Capacidad de intercambio catiónico total (CICT) y porcentaje de saturación de bases (% SB), a cuatro profundidades en cada perfil de suelo analizado.

Profundidad	POZO 1				POZO 2			
	CICT cmol ⁺ Kg ⁻¹	Interpretación	% SB	Interpretación	CICT cmol ⁺ Kg ⁻¹	Interpretación	% SB	Interpretación
0- 20	17.33	Muy baja	78.00	Extremadamente alta	13.33	Muy baja	43.85	Alta
20-40	14.67	Muy baja	73.64	Extremadamente alta	14.67	Muy profunda	09	Alta
40-60	16.00	Muy baja	81.00	Extremadamente alta	13.33	Muy baja	45.00	Alta
60-80	14.67	Muy baja	73.64	Extremadamente alta	14.67	Muy baja	51.82	Muy alta

Interpretación: CICT: Valencia y De la Teja (1982). % S.B.: Cochrane (1972).

Conclusiones

Los datos obtenidos muestran que el manejo orgánico del suelo favorece y mejora las características físicas y químicas del suelo, lo que a su vez beneficia la fertilidad del mismo, lo cual

debe repercutir en una mayor productividad de este manejo del suelo. Se obtuvieron resultados positivos en el SMO con respecto al SMC, lo que refleja el impacto que ha tenido este manejo orgánico durante 15 años, a través de prácticas sustentables y amigables con el ambiente. Este trabajo deja evidencia de la importancia de la materia orgánica sobre las características físicas y químicas del suelo, su relación entre las variables, y permite continuar en una segunda etapa en la determinación de los macro y micronutrientes para así establecer el nivel de fertilidad del suelo bajo un manejo orgánico. Asimismo, se concluye que existieron diferencias importantes entre los dos tipos de suelo evaluados: SMO vs SMC, lo que destaca la importancia de promover las técnicas de la agricultura ecológica, sustentable y amigable con el ambiente.

Agradecimientos

Se agradece al personal técnico del Laboratorio de Edafología del Departamento de Ciencias Agrícolas de la FES-C, por el apoyo en el análisis de las muestras de suelo. Asimismo, a los alumnos del Grupo 2451 del cuarto semestre de la Asignatura de Edafología de la carrera de Ingeniería Agrícola, por el apoyo en la toma de las muestras de suelo y en análisis de laboratorio.

Bibliografía

- Carabias, J. 2009. Manejo de recursos naturales y calidad de vida. En: Monitoreo de biodiversidad y recursos naturales: ¿para qué? Compiladora: Sandra E. Chediack. Serie Diálogos No. 3. CONABIO. México. pp 29-37.
- Chocano, V.C., F.C. Sánchez y B.F. López. 2007. La Agroecología como alternativa a la prevención y lucha contra la desertificación en la Región de Murcia: la Comarca del Noroeste. *Agroecología* 2: 75-84.
- Cochrane, T.T. 1972. El potencial agrícola del uso de la tierra en Bolivia. Un mapa de sistemas de tierras. Misión Británica en Agricultura Tropical. Ministerio de Agricultura, Bolivia.
- FAO. 1980. World Soil Resources Reports No. 96. Roma.
- Farquharson, J.R., J.O. Cacho, D.J. Mullen, D.G. Schwenke. 2008. An economic approach to soil fertility management for wheat production in north-eastern Australia. *Agricultural Economics* 38: 181-192.
- Hillel, D. y C. Rosenzweig. 2002. Desertification in relation to climate variability and change. *Adv. in Agronomy* 77: 1-44.
- Jiménez, L., M. Larreal, N. Noguera. 2004. Efectos del estiércol bovino sobre algunas propiedades químicas de un Ultisol degradado en el área de la Machiques Colón, estado Zulia. *Rev. Fac. Agron.* 21(4):1-11
- Mercado, M.G. 2013. Datos climáticos de la Estación Meteorológica Almaraz, FES-C. Datos internos sin publicar. FES-C, UNAM. México.
- Moreno, D.R. 1978. Cuadro de clasificaciones tentativas de suelos. Departamento de Suelos, INIA/SAR. México.
- Pikull, J.L. y R.R. Allmaras. 1986. Physical and chemical properties of a haploxeroll after fifty years of residue management. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52:214-219.
- Ruiz, T. y G. Febles. 2004. La desertificación y la sequía en el mundo. *Avances en Investigación Agropecuaria* 8(2): 1-11.
- Trinidad, S.A. s/f. Abonos orgánicos. Colegio de Posgraduados-SAGARPA. Texcoco, Méx. en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20organicos.pdf> consultado el 9 de julio de 2013.
- UN (Naciones Unidas). 1994. Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación en Países con Sequía Seria o Desertificación, particularmente en África. París, Francia.
- UNCCD. 2006. Tercer Informe Nacional México 2002-2005, en materia de implementación de la Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación, en países afectados por sequía o desertificación. CONAFOR, SEMARNAT, SAGARPA; FIRCO, INEGI, CONAZA y Colegio de Postgraduados. México.
- Uvalle, B.J.X. y A.R. Osorio. s/f. Memoria del curso de análisis de agua, suelo y planta, su interpretación y utilidad agrícola, capítulo propiedades físicas del suelo. Fundación produce Veracruz, México en: <http://www.funprover.org/memorias.asp> Consultado el 9 de julio de 2013.
- Valencia, I.C.E. y O. De la Teja. 1982. Tablas de Interpretación de análisis físicos y químicos de suelos para la asignatura de suelos de la carrera de Ing. Agrícola de la UNAM. Material docente sin publicar. FES-C, UNAM. México.
- Valencia, I.C.E. y B.A. Hernández. 2002. Muestreo de suelos preparación de muestras y guía de campo. UNAM, México.
- Valencia, I.C.E. 2012. Manual de Prácticas del Laboratorio de Edafología. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM. En prensa. México.

LA COMPOSTA ES UN SERVICIO AMBIENTAL DE LA INFRAESTRUCTURA HOTELERA EN LOS CABOS, BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO.

Oliver Guadarrama, R.¹; Díaz Trujillo, O.²; Alvarado García, C.E.²; Bahena Galindo, M.A.¹

¹Centro de Investigaciones Biológicas, UAEM. Cuernavaca, Morelos, México.

²Secrets Marquis, Los Cabos. Los Cabos Baja California Sur. México

*Rogelio Oliver Guadarrama: oliverrogelio@hotmail.com; Calle Av. Universidad Núm. 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México. CP 62210; Tel. +52(777)-3297029 ext 3221

Resumen

Los servicios ambientales que se pueden aplicar en la industria hotelera son variados: manejo integral de residuos sólidos y orgánicos, manejo de cría y liberación de tortugas y aprovechamiento del agua salada, solo son algunos como ejemplo. En el caso de los residuos sólidos son generados en las áreas verdes y la cocina, los cuales son el 50% de los materiales que generan el hotel.

El manejo integral de los residuos orgánicos permitió la elaboración de composta con materiales de la cocina y las áreas verdes del Hotel Secrets Marquis los Cabos, localizado en Baja California Sur, se propuso como objetivo: Elaborar composta con los materiales orgánicos de la cocina y de las áreas verdes durante un año. y realizar análisis físicos y químicos de los materiales composteados.

Los resultados muestran que las cantidades de residuos sólidos orgánicos fueron 50 toneladas composteadas de las cuales se obtuvieron 25 ton que fueron utilizadas como abono orgánico en los jardines del propio hotel; los análisis físicos y químicos muestran que el material tiene alta porosidad, textura franca; y con respecto a los análisis químicos el pH es de 7, la materia orgánica es de más del 25%, el carbono y el nitrógeno presentan una relación del 15. Actualmente el hotel está acreditado por el manejo de los servicios ambientales que ofrece.

Palabras clave: Composta; servicio ambiental; hotel

Introducción

El manejo de los residuos orgánicos es un servicio ambiental, como los que ofrecen o se reciben de los diferentes ecosistemas ya sea de manera natural o por medio de su manejo sustentable, a nivel local, regional o global. Influyen directamente en el mantenimiento de la vida, generando beneficios y bienestar para las comunidades; a diferencia de los bienes o productos ambientales, no se utilizan o aprovechan de manera directa, sin embargo otorgan beneficios, como aire limpio, o simplemente un paisaje estético. Particularmente la composta, es un abono orgánico que se forma por la degradación microbiana de materiales acomodados en capas y sometidos a un proceso de descomposición. Los microorganismos que llevan a cabo éste proceso o también llamado mineralización de los materiales, ocurre de manera natural en el ambiente; técnicamente, el método para producir este tipo de abono es económico y fácil de implementar.

Entre otros beneficios se puede mencionar que: mejora la sanidad y el crecimiento de las plantas, eficientiza las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, es fuente importante de nutrimentos para las plantas, aumenta la capacidad de retención de humedad y la capacidad de intercambio de cationes en el suelo, amortigua los cambios de pH edáfico, logra la descomposición parcial o total de algunos residuos agro tóxicos.

Materiales y Métodos

Area de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en el Hotel Secrets Marquis Los Cabos que se ubica sobre la carretera transpeninsular, y que pertenece al municipio de Los Cabos, Baja California Sur, México, caracterizado porque la evaporación excede a la precipitación, con climas denominados áridos o desérticos (B), con lluvias en verano, siendo éste cálido con temperatura media anual de 22.7°C, la del mes más caliente de 29.7°C y la del mes más frío >18°C (promedio); es una zona extremosa, es decir con una oscilación térmica entre 7 y 14°C; la máxima precipitación que se recibe es de 190 mm anuales. Desde el punto de vista edáfico se presentan regosoles y leptosoles.

Procedimientos

Se dio inicio con el proceso de capacitación a personal de diversos niveles de responsabilidad. La composta se elaboró básicamente con dos fuentes materiales: el primero con todos los residuos restantes de fruta y verdura que recolecta el departamento de cocina los cuales se almacenan en botes de desechos ecológicos, y el segundo, es material orgánico colectado por los miembros de la sección de jardinería. Este material se pesó, para llevar un control de la cantidad de kilogramos que se fue incorporando al montículo de la composta; posteriormente se canaliza el total de material al sitio designado *ex profeso*. Se monitorea la temperatura antes de integrar nuevo material al montículo previamente elaborado, la cual se registró entre 40 y 70°C por lo cual se dio un perfecto proceso de descomposición.

Se elaboraron compostas en condiciones aerobias, tipo pila, y durante un año se procesaron los materiales para finalmente evaluar indicadores térmicos y los análisis físicos y químicos de las compostas se realizaron en el laboratorio de edafoclimatología del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos

Resultados y Discusión

Los resultados del material recolectado se muestran en el Cuadro 1. Donde se observa que en los meses de marzo, abril y mayo, se recolectan las cantidades más altas, mismas que coinciden con la época de vacaciones. Asimismo en la Figura 1 se observa el gráfico, que muestra los meses de mayor ocupación del hotel, fue donde se acopiaron las mayores cantidades de material orgánico. En el Cuadro 2. Se observa que los meses de marzo, abril y mayo se obtuvo la mayor cantidad de material orgánico, que coincide con las temperaturas más altas.

Al compostear los sólidos orgánicos del hotel Secrets Marquis Los Cabos, las cantidades originales se redujeron, esto se muestra en la Figura 2, los porcentajes fueron una reducción del 50%. Al realizar los análisis químicos las características químicas de la composta obtenida son debido a los diferentes materiales aplicados en la elaboración, el Ph de 7 a 8, más de 25% de materia orgánica, más de 5% de Carbono, 4% de Nitrógeno y 100 ppm de Fósforo.

Los métodos más utilizados para el compostaje de la fracción orgánica de los residuos son: hileras o pilas con volteo periódico, pilas estáticas aireadas y reactores cerrados, los cuales difieren principalmente en el método utilizado para airear el sistema y cuando se diseñan y operan correctamente producen una composta de calidad similar (Tchobanoglous *et al.* 1993, Kiely 1999).

El compostaje en pila o hilera es un método antiguo, simple y económico, el tamaño se adecua a la cantidad de residuos y la aireación se aplica por volteo de la pila con un trascabo o pala frontal (Tchobanoglous *et al.* 1993, Kiely 1999, Ramírez y Cardoso, 2001). En éste método el tiempo de producción de la composta depende del tipo de residuo, tamaño de pila y frecuencia de volteo; por ejemplo en el composteo de residuos de jardín en pilas de 1.5 a 2.5 m de altura con 4 a 5.5 m de ancho, humedad entre el 50 y 60 %, y volteo una vez por semana, tarda de 4 a 6 meses, incluyendo el mes de maduración (Tchobanoglous *et al.* 1993). La cantidad de N en las compostas producidas está dentro de los valores reportados por otros autores, sin embargo resultaron ser pobres en fósforo

y potasio, pero no por ello son de mala calidad. Comparando entre ellas, la composta producida por el método de pilas volteadas fue la de mejor calidad. La composta y vermicomposta de acuerdo a la

Cuadro 1. Registro de materiales para compostear.

REGISTRO DE KG DE MATERIAL PARA COMPOSTA		PORCENTAJE DE OCUPACION
enero	2633	30.86%
febrero	3041	57.23%
marzo	2922	44.12%
abril	1365	55.35%
mayo	2210	38.28%
junio	2186	44.12%
julio	2671	36.95%
agosto	2108	38.17%
septiembre	1085	36.65%
octubre	200	54.67%
noviembre	0	58.67%
diciembre	672	44.79%
21,093		

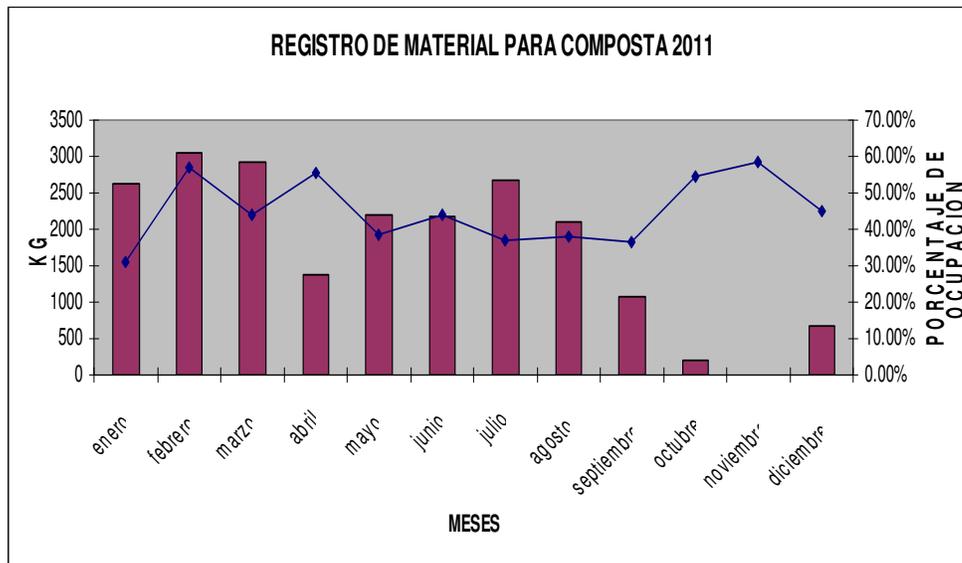


Figura 1. Registro de material compostado durante el año

NOM-004-SEMARNAT 2002, resultaron ser biosólidos excelentes de clase A, libres de microorganismos patógenos y ricas en nitrógeno, aptas para ser usadas en jardinería sin ninguna objeción (Vicencio De la Rosa *et al.* 2011)

Conclusiones

Como resultado de la elaboración de la composta, el Hotel Secrets Marquis Los Cabos, genero más de 20 toneladas de material orgánico, mismo que fue usado en las áreas verdes del propio hotel. Actualmente en el hotel se realiza un manejo integral de los residuos sólidos orgánicos, lo que permite disminuir su pago económico al municipio por recolección de los sólidos.

El uso de la composta a permitido tener las áreas verdes conservadas, abonadas y se dejó de comprar productos químicos como fertilizantes.

Cuadro 2. Obtención del material composteado durante el año.

REGISTRO DE KG DE COMPOSTA (PRODUCTO FINAL)		PORCENTAJE DE OCUPACION
enero	1342.83	30.86%
febrero	1550.91	57.23%
marzo	1490.22	44.12%
abril	696.15	55.35%
mayo	1127.1	38.28%
junio	1114.86	44.12%
julio	1362.21	36.95%
agosto	1075.08	38.17%
septiembre	553.35	36.65%
octubre	102	54.67%
noviembre	0	58.67%
diciembre	342.72	44.79%
10,757.43		

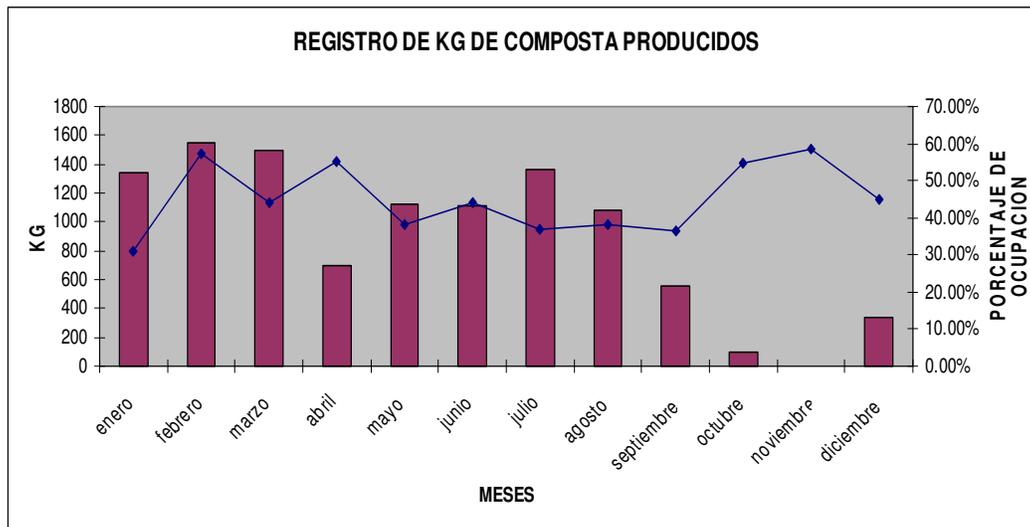


Figura 2. Registro de las kg de composta producidos durante el año

Bibliografía

Kiely G. (1999). Tratamiento de residuos sólidos. En: Ingeniería ambiental. (Ed. A. García). Mc Graw-Hill Interamericana de España, S. A. U. España, 843-931 pp

Tchobanoglous G., Theisen H. y Vigil S.A. (1993). *Integrated Solid Waste Management: Engineering principles and management issues*. McGraw-Hill, International Editions. Singapur 978 pp

Vicencio-De la Rosa Ma. Guadalupe, Pérez-López Ma. Elena, Medina-Herrera. Elizabeth, y Martínez-Prado Ma. Adriana 2011. Compost and vermicompost production of sewage sludge of a slaughterhouse wastewater treatment plant. *Rev. Int. Contam. Ambient* vol.27 no.3. Ramírez C.E. y Cardoso V .L. (2000). Composteo de lodos. En: *Curso Teórico-Práctico de Tratamiento de lodos residuales*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Cuernavaca Morelos, México. 17 pp.

FERTILIZACIÓN QUÍMICA vs ORGÁNICA EN EL CRECIMIENTO DE MAÍZ EN SUELOS DE LADERA.

Cortez Coria, A. R.¹; Quiñones Aguilar, E. E.²; Rincón Enríquez, G.², López Pérez, L.^{1*}

¹ Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Tarímbaro, Michoacán. México.

² Unidad de Biotecnología Vegetal-CIATEJ. Guadalajara, Jalisco. México.

*Autor responsable: lexquilax@yahoo.com.mx; Km. 9.5 Carretera Morelia-Zinapécuaro, Tarímbaro Michoacán. México. CP 58880; Tel. +52(443)-295-8323

Resumen

El maíz es una de las plantas más cultivadas y de suma importancia socioeconómica en México; por su gran valor nutricional y energético se utiliza en diversos usos para el hombre y como alimento para la cría de animales. El manejo eficiente del cultivo de maíz depende de varios factores como: la elección del híbrido, momento de riego, control de malezas y fertilización. Este último es uno de los pilares para alcanzar crecimientos elevados y así resultados económicos positivos. Por lo que en este trabajo se evaluó, el efecto de la fertilización química y orgánica sobre el crecimiento de plantas de maíz cultivadas en suelos de ladera bajo condiciones de invernadero. Se establecieron 16 tratamientos de fertilización química y orgánica en dos tiempos de aplicación, utilizando un maíz criollo (amarillo) y un híbrido (A7573). Cada 15 días después de la siembra se evaluó la altura de la planta, el diámetro del tallo y número de hojas. Los resultados mostraron un efecto positivo sobre el crecimiento de las plantas con fertilización orgánica cuando se aplicó al momento de siembra y 15 días después. Para los tratamientos con fertilización química hubo un efecto negativo respecto con los tratamientos con fertilización orgánica o el testigo. En este trabajo, para obtener un mayor crecimiento de maíces es preferible usar fertilización orgánica aplicada a la siembra.

Palabras clave: Composta; sulfato de amonio; *Zea mays*; crecimiento; cultivo de maíz

Introducción

México es considerado como el centro de origen del maíz y se dice que quizás de las primeras plantas cultivadas en Mesoamérica junto con el agave y el frijol. Es por eso que desde tiempos atrás el maíz es un cereal considerado como uno de los alimentos básicos en México y varias partes del mundo, constituyendo el soporte económico de la mayoría de los agricultores. El maíz es cultivado prácticamente en todos los agroecosistemas; uno en particular es el de suelos con pendientes suaves o pronunciadas conocido como cultivo en laderas. Generalmente en estos agroecosistemas se practica lo que se conoce como la roza-tumba y quema (RTQ), cultivando el maíz después de haber realizado esta práctica. Generalmente el primer año después de la RTQ, los agricultores no realizan labores de fertilización, pero en años posteriores es necesario realizarla. Por lo general utilizan fertilizantes químicos y es necesaria la aplicación de grandes cantidades para poder alcanzar rendimientos satisfactorios. El uso de abonos orgánicos es una práctica menos frecuentes debido principalmente al desconocimiento de estos y que a veces se requiere de la aplicación de grandes cantidades (Serratos- Hernández, 2009). Por otro lado, uno de los grandes problemas que afrontan la gran mayoría de los agricultores de nuestro país, es la baja fertilidad de los suelos y por consiguiente, los bajos rendimientos de los cultivos. Estos bajos niveles de fertilidad en gran medida son resultado de las malas prácticas de manejo que los agricultores aplican al suelo, como la quema y el sobrepastoreo, principalmente cuando se siembra en terreno inclinados, que es donde se produce el mayor lavado o pérdida de suelo y de nutrientes, bajando así la fertilidad y la productividad del

mismo. Para mantener fértil y productivo el suelo, es necesario aplicar fertilizantes (Sánchez-Vergara *et al.*, 2005). La fertilización puede ser orgánica o química, pero lo más recomendable es que se lleve a cabo un estudio del suelo para indicar cuál es el tipo de fertilizante comercial, la dosis y épocas de aplicación más adecuadas para las condiciones propias de su terreno. El principal fertilizante químico que se utiliza es el nitrógeno, el cual suele faltar en los suelos de todas las zonas maiceras, ya que es indispensable para el desarrollo del maíz pues interviene en la formación de la clorofila, de las proteínas, vitaminas, etc. Algunos tipos de fertilizantes nitrogenados más comunes son los elaborados a base de nitratos y la urea. La fertilización orgánica que se basa en la utilización de insumos naturales (abonos, restos de descomposición de materia orgánica, excesos de cosechas, aguas residuales domésticas, estiércol animal y microorganismos como hongos, bacterias) para mejorar la fijación de nutrientes, producir estimulantes de crecimiento para las plantas, mejorar la estabilidad del suelo, facilitar el control biológico, biodegradar sustancias, reciclar nutrientes, favorecer la simbiosis. En este caso la composta es una de las técnicas más antiguas utilizadas para la estabilización de desechos orgánicos y fertilización orgánica del suelo (Carvajal, 2010). La cachaza se ha utilizado como abono orgánico con resultados prometedores, con el inconveniente de que su uso requiere de grandes volúmenes por hectárea, dificultando su transporte y manejo. Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización química y orgánica, y tiempo de aplicación sobre el crecimiento de maíz híbrido y criollo cultivado en suelos de ladera en condiciones de invernadero.

Materiales y Métodos

Se diseñó un experimento factorial donde se evaluó: 1) fertilización: Química (50 g de sulfato de amonio), orgánica (500 mL y 1000 mL de composta: cachaza de caña) y una combinación de las dos (25 g sulfato de amonio con 250 mL de composta) y sin fertilización (testigo); 2) tiempo de aplicación: a la siembra y 15 días después de la germinación y 3) variedad: criollo e híbrido. Se generaron 16 tratamientos de las diferentes combinaciones (Tabla 1); se repitió seis veces cada tratamiento y se arregló completamente al azar. Cada tratamiento con sus repeticiones, se dispusieron en bolsas de plástico negro rellenas con 1 Kg de suelo de ladera (el suelo se obtuvo de la comunidad de Etucuaró en el municipio de Madero en Michoacán) y se sembraron tres semillas de maíz. A los cinco días después de la germinación se realizó un clareo y se dejó una planta por bolsa. El experimento se estableció en un invernadero de plástico tipo cenital ubicado en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF), Km 9.5 carr. Morelia-Zinapécuaro, Mpio. de Tarimbaro, Mich. El manejo posterior a la siembra consistió en riegos con agua destilada cuando fue necesario para llevar el suelo a capacidad de campo. Cada 15 días después de la siembra (dds) se realizaron mediciones de altura de planta (AP), diámetro del tallo (DT) y número de hojas.

Tabla 1. Tratamientos evaluados en el trabajo.

Factor	Nivel	Tratamientos
Variedad de maíz	Criollo ("amarillo") Híbrido (A7573, pionner)	T1 (Criollo, sin fertilización) T2 (Criollo + 50 g (NH ₄) ₂ SO ₄ a los+ 15 dds)
Fertilización	Sin fertilizante Química (NH ₄) ₂ SO ₄ Orgánica (composta) Química + orgánica	T3 (Criollo + 500 ml de composta a los 15 dds) T4 (Criollo + 500 ml de composta a la siembra) T5 (Criollo + 1000 ml de composta a los 15 dds) T6 (Criollo + 1000 ml de composta a la siembra)
Aplicación	Al momento de la siembra 15 días después de la siembra (dds)	T7 (Criollo + 25 g (NH ₄) ₂ SO ₄ + 250 ml de composta a los 15 dds) T8 (Criollo + 25 g (NH ₄) ₂ SO ₄ + 250 ml de composta a la siembra) T9 (Híbrido sin fertilizante) T10 (Híbrido + 50 g (NH ₄) ₂ SO ₄ a los 15 dds) T11 (Híbrido + 500 ml de composta a los 15 dds) T12 (Híbrido + 500 ml de composta a la siembra) T13 (Híbrido + 1000 ml de composta a los 15 dds) T14 (Híbrido + 1000 ml de composta a la siembra) T15 (Híbrido + 25 g (NH ₄) ₂ SO ₄ + 250 ml de composta a los 15 dds) T16 (Híbrido + 25 g (NH ₄) ₂ SO ₄ + 250 ml de composta a la siembra)

Resultados y Discusión

El análisis de los datos mostró diferencias significativas entre tratamientos, los cuales se hicieron desde la germinación y posteriormente a los 30 y 60 días después de la siembra (Fig. 1).



Figura 1. Aspecto de las plantas de Maíz a los 60 días después de la germinación. De izquierda a derecha, T12 (híbrido + 500 ml de composta a la siembra), T14 (híbrido + 1000 ml de composta a la siembra), T1 (criollo sin fertilización), T9 (híbrido sin fertilización) y T2 (criollo + 50 g de sulfato de amonio + 15 dds).

En cuanto a la altura (fig. 2) hubo un efecto positivo en las plantas con fertilización orgánica, mostraron un mayor valor de esta variable. Se encontró que los tratamientos con mayor altura de la planta respecto a los tratamientos sin fertilizar fueron el T6, T12, T14 y T4 con 53.61 cm, 52.63 cm, 51.86 cm y 51.63 cm respectivamente. Respecto a la fertilización química, se observó un efecto negativo independientemente de la fecha de aplicación. En los tratamientos T16, T2, T10 Y T8, hubo mortalidad total de las plantas y T15 se alcanzó una altura de 3.66 cm.

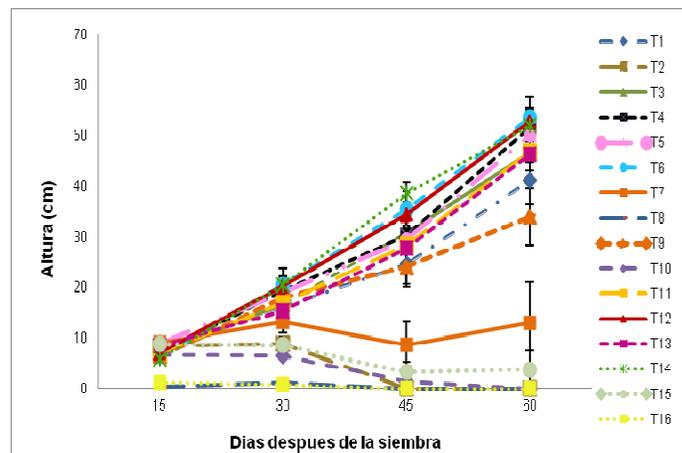


Figura 2. Efecto de la fertilización sobre el crecimiento en las plantas de Maíz. Los valores son del promedio de seis datos, y la barra vertical indica el error estándar.

Respecto al diámetro de la planta, se encontró una respuesta similar a lo observado en la altura aunque no tan marcada. El tratamiento con mayor diámetro T3 (28.46mm) fue dos veces respecto a los tratamientos sin fertilización, los cuales obtuvieron en promedio diámetros de 10.74 mm (híbrido) y 15.54 mm (criollo). Los tratamientos con la aplicación orgánica fueron los que en promedio obtuvieron el mayor diámetro con 23.95 mm. A los 60 dds, el tratamiento que obtuvo el mayor diámetro fue la combinación de maíz criollo + 500 ml de composta aplicada a los 15 dds, con 28.46 mm

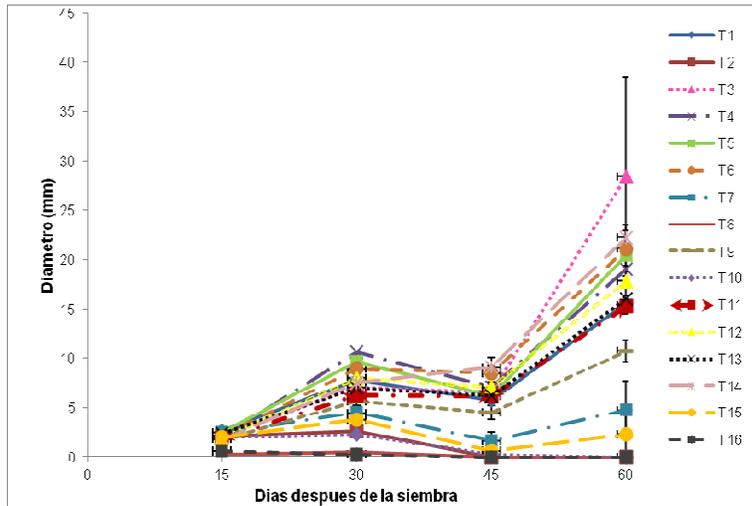


Figura 3. Efecto de la fertilización en el diámetro de plantas de maíz. Los valores son del promedio de seis datos, la barra vertical indica el error estándar.

Para la variable número de hojas los tratamientos T1, T4, T5, T6, T12, T13 y T14 superaron a los tratamientos sin fertilización. En promedio mostraron 10.21 hojas. El tratamiento T14, fue el que obtuvo el mayor valor con 11.16. Los tratamientos T7, T15, T10 Y T2 que fueron con fertilización química mostraron una reducción en la cantidad de hojas producida a partir de los 30 días después de la siembra.

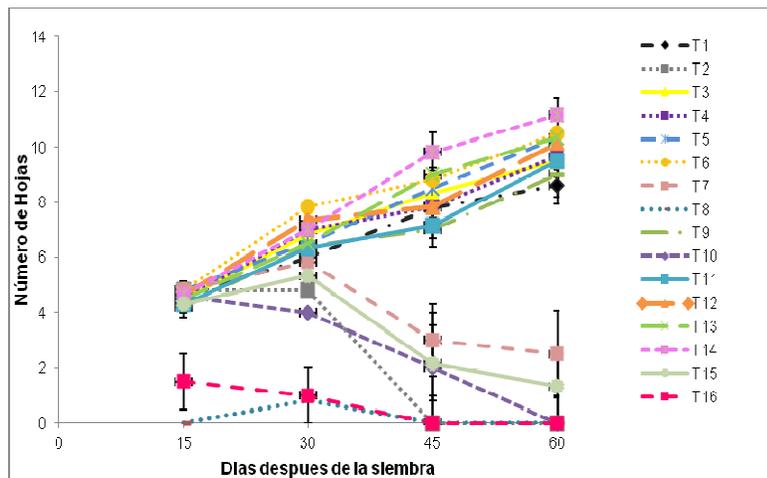


Figura 4. Efecto de la fertilización en el número de hojas de las plantas de maíz. Los valores son del promedio de seis datos, la barra vertical indica el error estándar.

En los tratamientos donde se utilizó la fertilización orgánica (composta) fue donde se consiguieron los mejores resultados y con una mayor respuesta de crecimiento en la planta. Lo mismo se ha observado en ya otros cultivos. Arreola y colaboradores en 2004, evaluaron el efecto de tres dosis de cachaza enriquecida con N (0.6%) y K (0.2%) sobre las propiedades del suelo, el rendimiento y la calidad del jugo de caña azúcar, además de la fórmula de fertilización convencional y un testigo. Los resultados indicaron que el suelo mejoró sus propiedades químicas con respecto al testigo y los tratamientos de abono órgano-mineral de cachaza (AOMC) fueron los que respondieron en un incremento en materia orgánica, mineral y asimismo, el rendimiento de caña se incrementó significativamente al igual que evitar la actual contaminación ambiental provocada por los fertilizantes químicos utilizados en este cultivo.

Conclusiones

El crecimiento de las plantas de maíz tanto híbrido como criollo, crecidas en suelo de ladera bajo condiciones de invernadero fue afectado positivamente por la aplicación de fertilizante orgánico al momento de la germinación. El T14 (híbrido + 1000 ml de composta a la siembra) y T6 (criollo + 1000 ml de composta a la siembra) mostraron el mejor efecto en todas las variables evaluadas en este trabajo. Los tratamientos con fertilizante químico tuvieron un efecto negativo en cuanto al crecimiento y desarrollo de la planta. Por lo que, para obtener plantas de maíz con un mayor crecimiento es recomendable la aplicación de composta y podría ser una alternativa para disminuir la fertilización química en la agricultura de ladera.

Agradecimientos

El primer autor agradece la beca de licenciatura otorgada por el CECTI-Michoacán a través del Programa Becas – Tesis 2013. Así mismo, los autores agradecen el apoyo brindado por los productores cooperantes.

Bibliografía

- Arreola E., J, D. Palma L. J. Salgado. G. S. Camacho., Wilder; Obrador-Olán, J. Jesús; Juárez-López, J. F; Pastrana-Aponte. 2004, Evaluación de abono orgánico-mineral de cachaza en la producción y calidad de la caña de azúcar. *Terra Latinoamericana*. 22: 351-357.
- Carvajal, M.J.S. 2010. Fertilización biológica: técnicas de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. *Biological fertilization: state of the art techniques for a sustainable agricultural development*. Vol.5, No.2 96 pp.
- Sánchez-Vergara, M.A. Jorge D. Etchevers-Barra y Juliana Padilla-Cuevas. 2005. La fertilidad de los suelos de ladera de la sierra norte de Oaxaca, México. *Agrociencia* 39: 259 - 266.
- Serratos-Hernández J.A, 2009. Bioseguridad y dispersión de maíz transgénico en México. *Ciencias* 92 - 93: 130-141.

PLAN DE PRODUCCIÓN ORGÁNICO Y CONVENCIONAL DE TOMATE (*Physalis ixocarpa*) EN TIANGUISMANALCO PUEBLA

Cruz Hernández, J.^{1*}; Báez Cruz, C. G.¹; Rojano Hernández, R.²; Melchor Rodríguez, E.²

¹Colegio de Postgraduados Campus Puebla, Puebla, Pue. México

²ITAT Xocoyucan, Tlaxcala, México

* javiercruz@colpos.mx. Km 125.5 carretera federal México-Puebla. Momoxpan, San Pedro Cholula. Puebla, México. C.P. 72760. Tel: 01 222 285 00 13

Resumen

Los sistemas de producción orgánicos buscan ofrecer productos con nulo o el menor uso de sustancias químicas, manteniendo el rendimiento de los cultivos, con efectos benéficos en el suelo y el ambiente, conservando materia orgánica y un balance positivo de nutrientes a través del tiempo. A nivel local no se cuenta con información básica que permita ofrecer opciones y toma de decisiones para el fomento de sistemas alternativos de producción. Se comparó un plan de producción orgánico con un convencional en el cultivo de tomate de cáscara, en variables de crecimiento, producción y calidad de frutos en San Juan Tianguismanalco Puebla, durante verano de 2012 en una parcela de temporal. La parcela experimental fue de 2 500 m². Se establecieron dos materiales (criollo y la variedad rendidora) y dos dosis de fertilización y abonado para cada sistema. El diseño de tratamientos y experimental fue un factorial 2 x 2 x 2 con ocho tratamientos y cuatro repeticiones, distribuidos en parcelas divididas, en las parcelas grandes se distribuyeron los sistemas separados con franjas de cultivos. Se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos en las variables: diámetro de fruto, °Brix e índice de redondez, según la variedad utilizada. En el factor dosis se apreciaron diferencias significativas en °Brix. La dosis 10 t ha⁻¹ alcanzó los valores más elevados en esta variable.

Palabras clave: Sistema; comparación; °Bx; fruto; textura; abono

Introducción

En la agricultura convencional predominan paquetes tecnológicos orientados a obtener los máximos niveles de producción agropecuaria, sustentados en el uso de insumos agrícolas de origen sintético (fertilizantes químicos y plaguicidas), el uso común del monocultivo o escasa diversidad genética, el uso intensivo de maquinarias agrícolas en los procesos productivos; factores que en conjunto han permitido acceder a mayores niveles de producción por unidad de superficie (Gordillo, 1999; Zinati, 2002), pero el uso continuado de sustancias químicas y un uso inadecuado podrían contaminar el ambiente, tanto al suelo como el agua; en algunos casos implica un riesgo en la salud para los agricultores que no cuenten con conocimientos técnicos y equipo de protección adecuados, en adición a un efecto negativo en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, demostrado en diversas investigaciones (Zinati, 2002; Quenum, 2010) y a un encarecimiento continuado de los procesos de producción que hacen menos redituables algunos cultivos.

La agricultura orgánica se describe como un sistema holístico de gestión productiva que fomenta y mejora la salud del agroecosistema, la biodiversidad, los ciclos y actividades biológicas del suelo y del ambiente (Quenum, 2010); como un sistema de producción que evita o excluye el uso de sustancias químicas para la fertilización y control de plagas y enfermedades y que utiliza prácticas de manejo de suelo y de cultivo amigables con el ambiente, tales como rotación de cultivos, aplicación de residuos de origen animal y vegetal, fuentes orgánicas de nutrientes, control biológico de plagas, etc. para

mantener la productividad y sanidad del suelo (Zinati, 2002). En una agricultura comercial se basa en normas de producción específicas (Cristóbal y Cristóbal, 2007), con procesos de verificación y certificación de los productos obtenidos en las fincas sin uso de sustancias químicas o implica la obtención de productos ya procesados, para ser considerados como orgánicos registrados temporalmente y que accedan a un mercado exclusivo de exportación a precios Premium; con la consideración de principios de producción basados en lineamientos establecidos por el IFOAM en la mayoría de los casos y en países productores y exportadores (FAO/WHO Codex Alimentarius, 1999; FAO, 2001); cuya finalidad es lograr sistemas de producción óptimos que sean sostenibles desde el punto de vista social, ecológico y económico (Cristóbal y Cristóbal, 2007), en otras condiciones con el convencimiento de los productores y de los consumidores, incluso con participaciones activas de ambos sectores para la certificación de los alimentos en mercados locales. El sistema orgánico es un sistema complejo, cuya sustentabilidad ha sido cuestionada, porque a pesar de que se suelen provocar mejoras de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo, no se puede alcanzar un aumento de la productividad a corto plazo en comparación con los sistemas convencionales.

México se ubica dentro de los cuatro principales países a nivel mundial con mayor número de agricultores involucrados en la agricultura orgánica en predios pequeños (IFOAM, 2012), con una dinámica de crecimiento aceptable y a la alza en el uso de estos sistemas de producción, más amigables con el ambiente y con la salud de los consumidores (Gómez y Gómez, 2005), pero principalmente en especies tales como el café, cítricos, frutillas, plantas aromáticas y condimenticias, etc. El estado de Puebla se ubica como uno de los principales productores de café y otras especies, y únicamente registra una superficie de 24 ha de tomate orgánico. A nivel regional, en el municipio de San Juan Tianguismanalco Puebla no se han realizado estudios comparativos entre agricultura orgánica y convencional en el cultivo de tomate de cáscara, en aspectos principalmente de calidad y producción, y es escasa la información necesaria para el uso y fomento de este tipo de sistemas alternativos a nivel local. Así, en la presente investigación se consideró como objetivo comparar un plan de producción orgánico con un convencional en el cultivo de tomate de cáscara, en variables de crecimiento, producción y calidad de frutos en un primer año de estudio, partiendo del supuesto que no existen diferencias significativas en las variables de estudio en el cultivo de tomate bajo ambos sistemas de producción.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en el municipio de San Juan Tianguismanalco Puebla, de junio a septiembre de 2012, bajo condiciones de temporal en la parcela el Capulín en el Ejido de Tonantitla en la comunidad de San Martín Tlapala. La parcela se ubica en las coordenadas 18°57' 30" latitud Norte y 98° 28' 59.29" longitud Oeste y una elevación de 2 100 msnm, en un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. La parcela experimental fue de 2 500 m², donde se evaluaron dos sistemas de producción (orgánico y convencional). En cada sistema se evaluaron dos materiales de tomate de cáscara (criolla y variedad rendidora), dos dosis de fertilización (60-60-60 y 120-60-60 convencional) y abonado (5 y 10 t.ha⁻¹ sistema orgánico), en un arreglo factorial 2 x 2 x 2 (ocho tratamientos). Los tratamientos se distribuyeron en un diseño en parcelas divididas con cuatro repeticiones. En las parcelas grandes se distribuyó el sistema de producción separadas por una franja de cultivo en asociación maíz frijol de ocho m de ancho. La unidad experimental estuvo formada por cuatro surcos de 9.1 m de longitud con una separación de 0.80 m entre surcos y 0.75 m entre plantas, en donde se asignó un tratamiento. La parcela útil estuvo formada por ocho plantas centrales de cada parcela, en donde se midieron las variables de respuesta agronómica.

Variables de respuesta

Se midió altura de planta cada quince días y se calculó tasa de crecimiento en cm día⁻¹. En muestras de 10 a 20 frutos por cada tratamiento y repetición, se midieron indicadores de calidad como son: textura, diámetro y longitud, índice de redondez, °Brix y peso fresco de fruto. Para determinar la textura de cada fruto se hizo un corte retirando la parte de la epidermis para introducir

un penetrometro (Fruit Pressure Tester TR modelo FT 327) y obtener la lectura. Para obtener los °Brix se seleccionaron cinco frutos homogéneos de cada tratamiento y se utilizó un refractómetro (Atago master-T), se pusieron tres gotas de jugo en el refractómetro y se tomó la lectura. En una muestra de diez frutos se determinó el peso fresco en g.

Manejo del cultivo

Sistema convencional. Se realizó la preparación del terreno (barbecho, rastra y surcado) y se trazó la parcela para la distribución de los tratamientos, tres días antes del trasplante. La siembra de la semilla de tomate se realizó en charolas de 200 cavidades el 10 de Julio de 2012. El sustrato utilizado fue: turba más abono comercial y agrolita a razón de 60:15:25 en volumen respectivamente. La plántula se regó de una a dos veces al día, se realizaron dos aplicaciones foliares de 24-7-15 a razón de 0.25 g L⁻¹ durante el desarrollo de la plántula en charola. El trasplante se hizo a los 25 días después de la siembra, con plántulas de 15 cm de altura, 2.3 mm de diámetro de tallo y cuatro hojas verdaderas. La fertilización consistió en Dosis 1= 60-60-60 y Dosis 2= 120-60-60. Las fuentes de fertilizantes fueron urea, 18-46-00; 20-10-20 y cloruro de potasio, estas dosis se dividieron en dos aplicaciones, la primera al momento del trasplante y la segunda 15 días posterior al trasplante. Se realizaron dos deshierbes y un aporcado. Para el control de plagas y enfermedades se aplicaron insecticidas y fungidas recomendados para el cultivo de ligera toxicidad.

Sistema orgánico. La preparación del terreno y la producción y cuidado de las plántulas y la fecha de trasplante fue similar al sistema convencional, excepto que en este sistema se realizaron dos aplicaciones foliares de abonos orgánicos líquidos y una aplicación de Trichoderma spp (Trico-bio a razón de 0.5 mL L⁻¹) durante el desarrollo de la plántula en charola. Las plántulas al momento del trasplante presentaban en promedio 15 cm de altura, 2.0 mm diámetro de tallo y cuatro hojas verdaderas. El abonado consistió en Dosis 1= 5 t ha⁻¹ (115 kg N total ha⁻¹) y dosis 2= 10 t ha⁻¹ (230 kg N total ha⁻¹), aplicadas con un abono comercial (pH 7.8, CO 30.6%, MO 52.7, N 2.3%), la aplicación se realizó tres días antes del trasplante. Para el control de plagas y enfermedades se aplicaron extractos naturales de ajo, cítricos y neem a las dosis recomendadas (productos registrados).

Análisis estadístico de los datos

El análisis estadístico de los datos obtenidos en campo se realizó mediante el método de análisis de factores y GLM por tratamiento con el programa estadístico SAS 9.0 para Windows, y se realizaron pruebas de comparación de medias (Tukey) por factor de estudio y por tratamiento.

Resultados y Discusión

Como se aprecia en el Cuadro 1, las variables diámetro de fruto, índice de redondez y °Bx presentaron diferencias significativas por efecto de tratamiento. El tratamiento uno, sistema convencional con variedad criolla de tomate y a la dosis de 60 U de N ha⁻¹, presentó un diámetro de fruto superior únicamente comparado con los obtenidos con los tratamientos tres y cuatro. En todos los casos se aprecia que los tratamientos con la variedad criolla se obtuvieron valores ligeramente superiores a los obtenidos con la variedad rendidora a las dos dosis de fertilización en ambos sistemas de producción. Únicamente el tratamiento cuatro (sistema convencional variedad rendidora a dosis de 120 U de N ha⁻¹) consiguió un índice de redondez inferior al resto de tratamientos. Los tratamientos 2 y 6, variedad criolla a dosis de 120 U N ha⁻¹ en sistema convencional y orgánico respectivamente, presentaron un valor de °Bx superior únicamente al registrado con el tratamiento tres donde se usó la variedad rendidora a la dosis baja de fertilización en el sistema convencional.

Como se observa en el Cuadro 2, por efecto de factor de estudio, en todas las variables evaluadas no se presentaron diferencias significativas, excepto en °Bx donde el sistema convencional alcanzó un valor superior al obtenido con el cultivo orgánico. La variedad criolla consiguió valores superiores a la variedad rendidora en peso de fruto, diámetro, índice de redondez y °Bx. En tanto que, la dosis dos de fertilización presentó un valor de °Bx superior a la dosis uno. Las mayores diferencias observadas se relacionan con la variedad utilizada, debido a que la variedad criolla puede estar más adaptada a condiciones de cultivo en temporal, en comparación con la variedad rendidora. Los sistemas de

producción comparados no mostraron diferencias significativas. Al respecto, Méndez y Chacón (2009) encontraron una mayor producción de frutos comerciales de calabaza con el uso de fertilización química comparado con el uso de abonos orgánicos, pero con rendimientos similares. Quenum et al. (2008) indicaron que al incorporar residuos vegetales en un sistema ecológico en comparación con un sistema de producción integrado se mejoran las propiedades biológicas del suelo, favoreciendo la producción de hinojo.

Cuadro 1. Comparación de medias por tratamiento en dos sistemas de producción convencional y orgánico de tomate.

Conv.=Sistema convencional; Org.=sistema orgánico; Rendid.=Variedad rendidora; Dosis 1=100-60-60; dosis 2=120-60-60; dosis 3 = 5 t.ha⁻¹; Dosis 4 =10 t ha⁻¹; ir = índice de redondez del fruto; Grupo de letras distintas indican diferencias significativas, Tukey = 0.05.

Cuadro 2. Comparación de medias por factor de estudio en sistemas convencional y orgánico de tomate de

Tra t	Sistema	Var	Do sis	Tasa de Crec.1 (cm.d ⁻¹)	Tasa de Crec. 2 (cm.d ⁻¹)	Peso fresco tot.(gr)	Diámetro fruto (cm)	Índice de redondez fruto	Peso fresco fruto (gr)	°Bx	Textura (kg)
1	Conv.	Criolla	1	0.1a	0.1 ^a	290.3a	24.6a	1.2a	7.3a	4.8ab	1.6a
2	Conv.	Criolla	2	0.2a	0.1 ^a	156.3a	20.8ab	1.1a	6.3a	5.0a	1.5a
3	Conv.	Rendidora	1	0.1a	0.1 ^a	167.3a	16.7b	1.1a	9.2a	3.8b	1.5a
4	Conv.	Rendidora	2	0.1a	0.1 ^a	163.0a	16.0b	0.8b	7.8a	4.8ab	1.6a
5	Org.	Criolla	1	0.2a	0.1 ^a	213.3a	20.9ab	1.1a	7.2a	4.5ab	1.8a
6	Org.	Criolla	2	0.2a	0.1 ^a	177.0a	22.1ab	1.1a	7.9a	5.1a	1.7a
7	Org.	Rendidora	1	0.1a	0.1 ^a	152.0a	18.9ab	1.1a	7.0a	4.5ab	1.7a
8	Org.	Rendidora	2	0.2a	0.1 ^a	168.0a	23.0ab	1.1a	9.8a	4.3ab	1.7a

cáscara.

Ir = índice de redondez de fruto; medias por fuente de variación con el mismo grupo de letra no muestran diferencias significativas por Tukey 0.05; interacciones con * representan diferencias significativas

Factor	Tasa de Crec.1 (cm.d ⁻¹)	Tasa de Crec.2 (cm.d ⁻¹)	Peso fresco Total (gr)	Diámetro (mm)	Índice de redondez	Peso de fruto (gr)	°Bx	Textura (kg)
Sistema								
Convencional	0.2 ^a	0.1a	132.6a	21.3a	1.1a	7.6a	4.9a	1.1a
Orgánico	0.2 ^a	0.1a	152.7a	17.1a	1.1a	7.1a	4.2b	1.1a
Variedad								
Criolla	0.2 ^a	0.1a	209.2a	22.1a	1.1a	7.1a	4.9a	1.7a
Rendidora	0.2 ^a	0.1a	76.1b	16.2b	0.1b	8.5a	4.7b	1.7a
Dosis								
1	0.2 ^a	0.1a	155.9a	20.1a	1.1a	7.7a	4.4b	1.7a
2	0.2 ^a	0.1a	129.4a	18.2a	1.1a	7.1a	4.8a	1.6a
Interacciones								
Sist. x Variedad	NS	NS	NS	*	*	NS	NS	NS
Sist. x Dosis	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS
Variedad x Dosis	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Sist. x Var. x Dosis	NS	NS	NS	NS	*	NS	*	NS

Conclusiones

En el presente trabajo y bajo condiciones de temporal en el cultivo de tomate, los sistemas de producción comparados no mostraron diferencias en las variables evaluadas, excepto en °Bx. Las respuestas observadas en el cultivo y las diferencias observadas se debieron a la variedad de tomate utilizada, y en menor medida al efecto del sistema de producción y de la dosis de fertilización aplicada en el cultivo de tomate.

Agradecimientos

En agradecimiento a la disponibilidad y apoyo recibido por los productores, en particular al Sr. Hugo Romero de San Martín Tlapala, Puebla, por su interés en el cultivo orgánico y por el apoyo recibido por la Subdirección de Vinculación Campus Puebla.

Bibliografía

- Cristóbal, A. D. y Cristóbal, M. Y. 2007. Producción orgánica y convencional de maíz y concentraciones de nitrógeno en el cultivo y suelo. http://www.somas.org.mx/imagenes_somas2/pdfs_libros/agriculturasostenible5/5_1/77.pdf.
- FAO/WHO. 1999. Codex Alimentarius: Guidelines for the Production, Processing, Labeling and Marketing of Organically Produced Foods. CAC/GL 32. Paris: FAO/WHO
- FAO Centro De Comercio Internacional 2001. Los mercados mundiales de frutas y verduras orgánicas: oportunidades para los países en desarrollo en cuanto a la producción y exportación de productos hortícola orgánicos. Roma, Italia.
- Gómez, T. L. y Gómez C. M. A. 2005. La agricultura orgánica en México: un ejemplo de incorporación y resistencia a la globalización. http://www.google.com.mx/#hl=es-419&gs_nf=3&gs_rn=0&gs_ri=hp&cp=24&gs_id=4p&xhr=t&q=la+agricultura+organica+en+mexico:+un&pf=p&tbo=d&sc_lint=psy-ab&oq=la+agricultura+organica+en+mexico:=344
- Gordillo, S. G. 1999. Agricultura orgánica y globalización. Memorias del IV Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica. Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma Chapingo-Consejo Nacional Regulador de Agricultura Orgánica. México. pp.15-17.
- IFOAM 2012. One Earth one Future-2012. Consolidated Annual Report of IFOAM Action Group. Boon, Germany. 26 p.
- Méndez, P. J. C. y Chacón, T. C. A. 2009. Evaluación de tres dosis de fertilización con abono orgánico y sintético en la producción de zapallo (Cucurbita pepo). Tesis de Licenciatura, Zamorano, Honduras. 24p.
- Quenum, L. E., Albiach, M. R., Ribó, M., Canet, R., Baixauli, C., aguilar, J. M. y Pomares, F. 2008. Modificación de las propiedades del suelo provocada por diferentes modalidades de gestión de los restos de cultivos hortícolas bajo producción ecológica e integrada. VIII Congreso SEAE, Bullas España. pp 1-9.
- Quenum, L. E. 2010. Comparación entre la producción ecológica e integrada de hortalizas en base a parámetros del cultivo y del suelo. Tesis de doctorado UPV, Valencia España 270 p. <http://riunet.upv.es/ACA68886-34C3-4EC2-9F74>
- Zinati, G. M. 2002. Transition from conventional to organic farming systems: I Challenges, Recommendations and Guidelines for Pest Manajement. Department of Environmental Horticulture. Gainesville, FL. 12(4):606-610.
- 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.

EFFECTO DEL ESTIÉRCOL DE BOVINO SOLARIZADO CON Y SIN MICORRIZA (*Glomus intraradices*) EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO

Estrada Loera, R. M^{1*}; Salazar Sosa, E¹; García Hernández, J. L¹; Fortis Hernández, M²; Segura Echevarría¹, O. A.; Ríos Plaza, J. L.¹

¹ Facultad de Agricultura y Zootécnica, Venecia, Durango. México.

² Instituto Tecnológico de Torreón, Torreón, Coahuila. México.

*Autor responsable: rosy_estrada_333@hotmail.com ; Avenida Victoria, s/n, Nazareno, Durango, 35188, 8711641584.

Resumen

El objetivo de estudio fue determinar el impacto de la aplicación de fertilizante orgánico a partir de estiércol bovino y micorriza (*Glomus intraradices*) en variables de suelo como, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), nitratos (NO₃), además de su efecto en la producción de maíz forrajero. El experimento se realizó durante el ciclo primavera-verano 2012, en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia (CAE-FAZ-UJED), localizada en el Km 30 de la Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango.

Los factores de estudio fueron dos: Factor A: aplicación de micorriza (A1: con y A2: sin aplicación) y Factor B: diferentes dosis de estiércol (de bovino) solarizado: dosis de 20 t ha⁻¹ (B2), 40 t ha⁻¹ (B3), 60 t ha⁻¹ (B4), 80 t ha⁻¹ (B5), un testigo (B1) y un tratamiento químico de Nitrógeno (N) 200 y Fosforo (P₂O₅) 150 (B6), respectivamente. Los doce tratamientos resultantes se establecieron en un diseño de bloques al azar con arreglo en franjas. Los resultados muestran que en materia orgánica (MO) las diferencias fueron significativas. El tratamiento A1/B5 (80 t ha⁻¹ de estiércol con aplicación de micorrizas) presentó el mayor valor de MO. Los tratamientos que mostraron los valores más altos de las concentraciones de nitratos (NO₃) fueron en factor A1: B3, B4 y B5. Y en factor A2: B4, B5 y B6. La conductividad eléctrica se encontró en un nivel de bueno a moderada en la mayoría de los tratamientos.

Palabras clave: Micorriza; estiércol; suelo

Introducción

El maíz luego del arroz y el trigo, es el cereal más importante a nivel mundial, con una producción anual de 600 millones de toneladas (Ferraz-Téllez et al., 2013). Para alcanzar rendimientos elevados en este cultivo es necesario el manejo eficiente de la nutrición nitrogenada, que conlleva a resultados económicos positivos (Melgar et al., 2006). La explotación del ganado bovino productor de leche en las regiones áridas y semiáridas de México es una de las principales actividades económicas del sector agropecuario, actividad que provoca una alta demanda de forraje de buena calidad (Santamaría et al., 2006).

En la Comarca Lagunera son comunes las explotaciones lecheras con áreas agrícolas para la producción de forrajes, en las cuales es importante planificar la fertilización de los cultivos, ya que el estiércol que se genera en el establo se utiliza para abonar el suelo y mejorar sus propiedades, pero también es una fuente fertilizante que aporta cantidades considerables de nitrógeno (N) y otros nutrimentos esenciales para los cultivos (Figuerola-Viramontes y Cueto-Wong, 2003). Con el uso de estiércol 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 además la aplicación de materia orgánica en forma de estiércol mejora las características físicas y químicas de suelos deteriorados (Vázquez et al 2010).

La microbiota del suelo juega un papel fundamental en la regulación de los ecosistemas terrestres, influyendo en la productividad, diversidad y estructura de las comunidades vegetales (van der Heijden et al. 2008). Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) se utilizan como biofertilizantes, es decir, insumos microbiológicos que favorecen el desarrollo de una agricultura sostenible, su papel en el funcionamiento de los ecosistemas y su potencial como fertilizante biológico son quizás motivos para considerarla como uno de los componentes importantes de la diversidad biológica del suelo (Guerra 2008). Sus ventajas no se limitan solo al ámbito de la nutrición mineral sino que las plantas reciben beneficios adicionales, tales como la resistencia a estrés hídrico, exclusión de patógenos radicales y tolerancias a metales pesados. (Montaño et al., 2001). Sin embargo, aún se desconocen algunos aspectos relacionados con la interacción entre un abono orgánico como lo es el estiércol bovino y los HMA. Por todo lo anterior, este trabajo presenta el objetivo de evaluar el comportamiento del suelo y el cultivo de maíz por efecto de los tratamientos combinados de diversas dosis de estiércol bovino solarizado y la aplicación de HMA.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó durante el ciclo primavera-verano 2012, en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia (CAE-FAZ-UJED), localizada en el Km 30 de la Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo en el Ejido Venecia, Municipio de Gómez Palacio, Durango. El experimento consto de 36 unidades experimentales de 3 X 4 m con un área de 12 m². Los tratamientos se analizaron bajo un diseño de bloques al azar con arreglo en franjas y tres repeticiones. Los factores de estudio fueron dos: Factor A: aplicación de micorriza (A1: con y A2: sin aplicación) y Factor B: diferentes dosis de estiércol (de bovino) solarizado: dosis de 20 t ha⁻¹ (B2), 40 t ha⁻¹ (B3), 60 t ha⁻¹ (B4), 80 t ha⁻¹ (B5), un testigo (B1) y un tratamiento químico de Nitrógeno (N) 200 y Fosforo (P₂O₅) 150 (B6), respectivamente.

Para la preparación del terreno, se realizó el rastreo. En seguida se realizó el trazo de las parcelas experimentales con un diseño de bloques al azar con arreglo en franjas y la aplicación de los niveles de estiércol bovino (0, 20, 40, 60 y 80 t ha⁻¹) previamente solarizado. La solarización se realizó a partir del 11 de enero, y se aplicó 30 días antes de la siembra. Fue necesario realizar un segundo rastreo para incorporar el estiércol de manera uniforme, el sistema de riego fue por cintilla. La variedad de maíz utilizada en el experimento fue San Lorenzo. Se sembró a una profundidad de 5 cm con una distancia de 15 cm entre planta y 50 cm entre surcos el día 31 de marzo. Se efectuó una fertilización química en la parcela testigo el día 22 de abril. El 6 de julio del 2012 se realizó la cosecha y se recabaron los datos de cada unidad experimental para ser analizados. Se tomó 1 kg de muestra de suelo de cada unidad experimental.

Para determinar las variables del suelo se utilizaron los siguientes métodos: MO con el método de Walkely Black. La CE se determinó por medio del conductímetro (Conductronic CL8, Digital conductiviti meter calibrate 20k). El pH se obtuvo utilizando el medidor de pH Bekemm Zeromatic (Digital). Y la determinación de NO₃ por transmisión de ácido salicílico.

Resultados y Discusión

Según Figueroa-Viramontes (2003), los rango en base a la conductividad <4 tiene un grado de limitación ligera, de 4-8 moderada y <8 severa por los cual ambos factores A1 y A2 se encuentran dentro de niveles óptimos, considerando que los tratamientos B2, B4 del factor A1 y B6 del factor A2 tienen posibilidad de incrementar la dosis aplicación de estiércol y llegar a un rango moderado ya que los niveles bajos de salinidad y altos en relación C-N mejoran las propiedades físicas del suelo. Al respecto de la conductividad eléctrica, Bautista et al. (2004) mencionan que su importancia es preponderante como indicador de la calidad del suelo, principalmente de la comparación y definición. comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana.

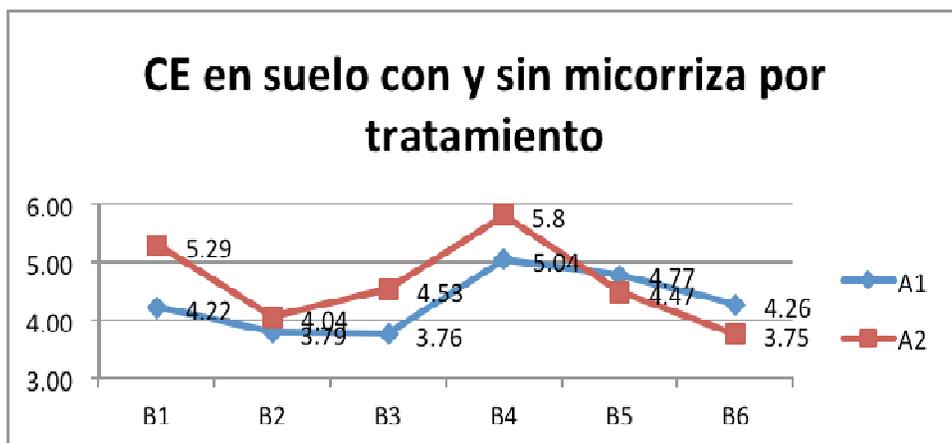


Fig. 1. CE

Con respecto a materia orgánica en los diferentes tratamientos de estiércol bovino solarizado se puede observar que el B4, B5 y B6 presentan mayor porcentaje de MO, perteneciendo ambos al factor A1 por lo que se puede inferir que la dosis más alta de estiércol como la de 60 t ha^{-1} y 80 t ha^{-1} son las que proporciona la mayor cantidad de nutrientes al suelo. Según Salazar et al., (2007) la materia orgánica favorece otras características físicas como la retención de humedad y se incrementa la concentración de iones H^+ . La MO, bajo cualquier punto de vista, resulta fundamental en la búsqueda de la sustentabilidad en la agricultura (Johnston et al., 2009) y su disminución en el suelo ocasiona pérdidas de la capacidad de amortiguamiento, empobrece la capacidad de intercambio catiónico, facilita la erosión y no permite el desarrollo de la micro y macro-fauna benéficas del suelo (Aslantas et al., 2007). El incremento en MO es altamente deseable en los agroecosistemas que tienden a la sustentabilidad. Sin embargo, lograr incrementos en esa variable ocurren lentamente cuando se realizan aportaciones de abonos orgánicos (García-Hernández et al., 2010).

La cantidad de MO acumulada en el suelo y el contenido de nutrimentos depende principalmente de la tasa de descomposición, el tipo de material utilizado y el manejo agronómico. La MO del suelo es una importante fuente de nutrimentos para el desarrollo vegetal que necesitan ser mantenidos para asegurar la sostenibilidad agrícola. Estudios que se han realizado comparando prácticas convencionales de fertilización con aplicaciones de abonos verdes en suelos similares han mostrado mayores concentraciones de MO desde el primer año de tratamientos, aunque la tasa de acumulación de MO es muy lenta (Beltrán-Morales et al., 2006).

Nitratos (NO_3^-)

Los tratamientos que muestran una mayor equivalencia de partes por millón (ppm) de nitratos (NO_3^-) fueron en factor A1: B3, B4 y B5. Y en factor A2: B4, B5 y B6 siendo de los mejores el B5A1. La determinación del NO_3^- en el suelo es primordial para conocer el estado nutrimental de un suelo. Uno de los problemas de este compuesto es su extrema inestabilidad. Las únicas dos formas en las que los vegetales asimilan el N – que además es el nutrimento que toman del suelo en mayor cantidad – es como NO_3^- y NH_4^+ en ambos casos altamente inestable. Por lo tanto, es recomendable el uso de abonos orgánicos como fuente de N en formas orgánicas con mayor estabilidad en el suelo. En este contexto, Salazar et al. (2003) menciona que la mineralización del nitrógeno juega un papel importante en el ciclo del nitrógeno, ya que convierte el amoníaco a su forma más oxidada de nitrato, que es un ion aún más fácilmente asimilado por las plantas. El amoníaco se produce naturalmente en la mineralización de la materia orgánica nitrogenada del suelo o se aplica directamente como fertilizante químico, el cual, si no es manejado de forma adecuada, puede causar problemas de contaminación, particularmente al agua.

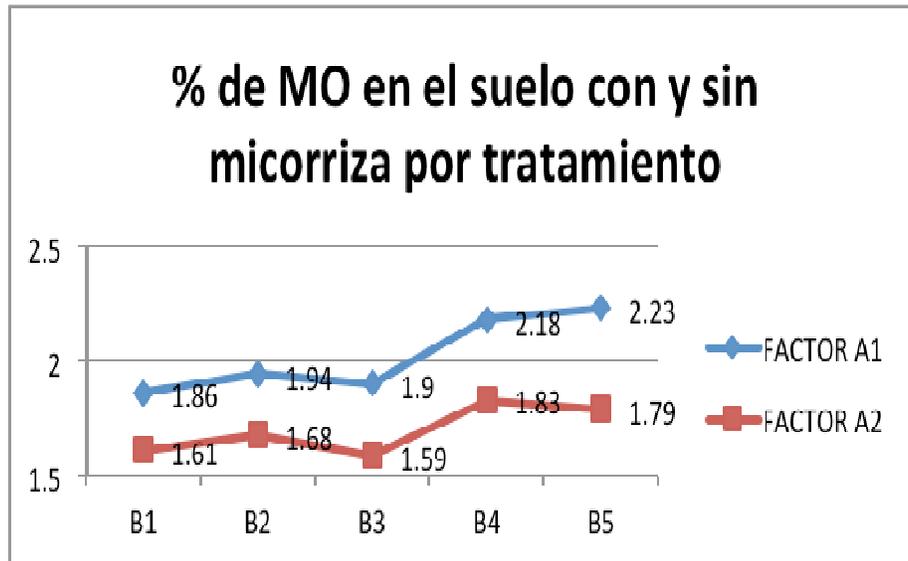


Fig. 2 MO: Materia Orgánica (%)

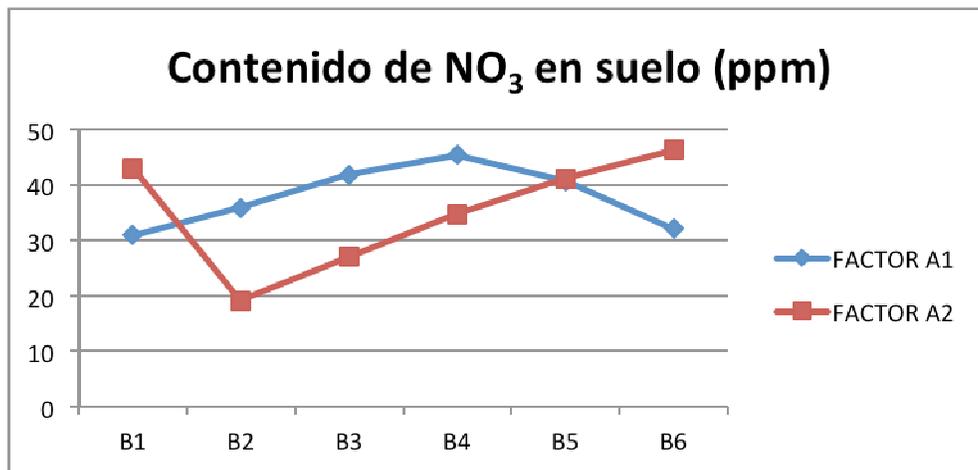


Fig.3. Nitratos con factor A1: Aplicación de micorriza y factor A2: Sin aplicación de micorriza.

Conclusiones

Los resultados indican que el tratamiento B1 fue el que presento menores valores en MO, NO₃, y CE, tomando en cuenta que la CE se encuentra dentro de valores adecuados para la producción del Maíz. Por otro lado los resultados de este trabajo muestran cómo el tratamiento asociado a las micorrizas arbusculares, permiten alcanzar una adecuada respuesta productiva con aceptables indicadores puesto que el mejor tratamiento fue el B5 factor A1 mostrando mayores porcentajes de Materia orgánica, otorgando esta otra ventaja como mayor retención de humedad. Los Nitratos (NO₃) y la CE se encuentran dentro de rangos moderados siendo estos viables para la producción de maíz.

Bibliografía

- Aslantas, R., C. R. Cakmakc, and F. Sahin. 2007. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple tree growth and fruit yield under orchard conditions. *Sci. Hortic.* 111: 371-377.
- Bautista Cruz, A., J. Etchevers, R.F. del Castillo, C. Gutiérrez. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas* 13 (2): 90-97.
- Ferraz-Téllez, Y.; Permuy-Alberia, N; Acosata-Roca, R. 2013 Evaluation of different accessions of maize (*Zea mays*, L.) in two zones of Gibara, Holguin, under drought conditions. Morphoagronomic and genotype x environment interaction evaluation studies. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. *Cultivos Tropicales*, vol. 34, no. 4, p. 24.
- Figueroa-Viramontes, U. y J. A. Cueto-Wong. 2003. Uso sustentable del suelo y abonos orgánicos. pp. 1-22. *In*: E. Salazar S., M. Fortis H. y A. Vázquez A. (eds.). *Abonos Orgánicos y Platicultura*. FAZ-UJED, SMCS. Gómez Palacio, Dgo., México.
- Figueroa-Viramontes, U. Uso sustentable del suelo y abonos orgánicos, Campo Experimental la Laguna.
- García-Hernández J.L., B. Murillo-Amador, A. Nieto-Garibay, M. Fortis Hernández, C. Márquez-Hernández, E. Castellanos Pérez, J.J. Quiñones Vera, N.Y. Avila-Serrano. 2010. Avances en investigación y perspectivas del aprovechamiento de los abonos verdes en la agricultura. *Terra Latinoamericana* 28(4): 391-399
- Guerra, B. E. 2008 Micorriza arbuscular. Recurso microbiológico en la agricultura sostenible. *Tecnología en Marcha*, vol. 21, no. 1, p. 191-201.
- Johnston, A. E., P. R. Poulton, and K. Coleman. 2009. Soil organic matter: its importance in sustainable agriculture and carbon dioxide fluxes. *Adv. Agron.* 101: 1-57.
- Melgar, R. & Torres, M. 2006. Manejo de la Fertilización en Maíz. Disponible: <http://www.elsitioagrícola.com> Consultado: 25 de enero de 2007
- Montaño, N. M.; Quibor, V. y Cruz-Flores, G. 2001. Colonización micorrízica arbuscular y fertilización mineral de genotipos de maíz y trigo cultivados en un Andisol. *Terra*, vol. 19, no. 2.
- Salazar-Sosa, E., F.A. Beltrán-Morales, M. Fortis-Hernández, J.A. Leos-Rodríguez, J.A. Cueto-Wong, C. Vázquez-Vázquez, J.J. Peña-Cabriales. Mineralización de nitrógeno en el suelo y producción de maíz forrajero con tres sistemas de labranza. *TERRA Latinoamericana*, Vol. 21, Núm. 4, octubre-diciembre, 2003, pp. 569-575.
- Salazar-Sosa, E., Trejo-Escareño, H.I., Vázquez-Vázquez, C., López-Martínez, J.D. 2007. Producción de maíz bajo riego por cintilla, con aplicación de estiércol bovino. *Rev. Int. Bot. Exp.* 76:169-185.
- Santamaría C.J., Reta SDG, Chávez GJFJ, Cueto WJA, Romero PRJI. 2006. Caracterización del medio físico en relación a cultivos forrajeros alternativos. 1ª. ed. Matamoros, Coahuila, México: Libro Técnico Núm. 2. INIFAP-CIRNOC-CELALA.
- Van der Heijden, M.G.A., Klironomos, J.N., Ursic, M., Moutoglou, P., Streitwolf-Engel, R., Boller, T., Wiemken, A., Sanders, I.R., 2008b. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature* 396:69-72
- Vázquez-Vázquez, C, García-Hernández, J.L; Salazar-Sosa, E; Murillo-Amador, B. Orona-Castillo. I; Zúñiga-Tarango, R. Rueda-Puente, E.O; Preciado-Rangel, P. 2010. Rendimiento y valor nutritivo de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con diferentes dosis de estiércol bovino. *Rev Mex Cienc Pecu*; 1(4):363-372. Pág. 365.
- Verissimo, L. A. 2003. Enciclopedia práctica de la agricultura y la ganadería. Cereales. Maíz. Editorial Oceano. Barcelona, p. 309-318. ISBN 84-494-1411-3

CARACTERIZACIÓN DE SUSTRATOS ORGÁNICOS DE ORIGEN BOVINO PARA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS

Galindo Pardo, F. V.; Fortis Hernández, M.; García Villela, K. M.; Flores Sánchez, B.; Preciado Rangel, P.; Sánchez Tapia, C.; Segura Castruita, M. A.; Orozco Vidal, J. A.

Instituto Tecnológico de Torreón (ITT). DEPI. Maestría en Ciencias en Suelos. Carretera Torreón – San Pedro km 7.5, R. Anna. Torreón, Coahuila.

Flor Valeria Galindo Pardo; valery0510@hotmail.com

Resumen

El objetivo del trabajo fue caracterizar tres sustratos orgánicos a base de estiércol de bovino usando como medio inerte arena, bajo condiciones de invernadero en el Instituto Tecnológico de Torreón (ITT). Se evaluaron 4 repeticiones de cada sustrato en un diseño experimental completamente al azar. La composición de los sustratos fue: tratamiento 1 = 80 % arena + 20 % estiércol solarizado; tratamiento 2 = 80 % arena + 20 % vermicompost; tratamiento 3 = 80 % arena + 10 % estiércol solarizado + 10 % vermicompost y un tratamiento testigo 4 = 100 % arena + solución Steiner. La caracterización se realizó midiendo variables físicas como Da, retención de humedad, porosidad total. Variables químicas como: pH, CE, MO, NO₃ y NH₄. Además del contenido de metales pesados Pb y Cd. Las proporciones utilizadas para la elaboración de los sustratos modificaron las propiedades físicas del medio inerte (arena), las cuales son muy cercanas a las de un sustrato ideal. En cuanto a las propiedades químicas los valores son similares a los obtenidos de la solución Steiner, lo cual nos asegura que la demanda nutrimental del cultivo estaría cubierta con estos sustratos. Y en cuanto al contenido de metales pesados los sustratos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles que establece la NOM-EM-034-FITO-, donde los valores mínimos permisibles son de 300 mg ha⁻¹ para Pb y 36 mg ha⁻¹ para Cd.

Palabras clave: Sustratos orgánicos; propiedades físicas; metales pesados

Introducción

La producción de hortalizas con aplicación de enmiendas orgánicas, es una práctica que se ha extendido a escala mundial, por la mínima contaminación del ambiente que conlleva y los resultados satisfactorios que se han encontrado; lo anterior ha revitalizado la idea del reciclaje eficiente de los desechos orgánicos de la actividad agropecuaria, así como el uso de los abonos orgánicos, de tal manera que se reduzca al mínimo imprescindible el uso de los fertilizantes sintéticos como vía de nutrición de las plantas (Rodríguez *et al.*, 2009).

El uso de sustratos orgánicos ha cobrado gran importancia por diversas razones; desde el punto de vista económico, el uso de ellos se ha fomentado por la agricultura que finalmente también es una respuesta a una mejoría en las prácticas agrícolas (Nieto-Garibay *et al.*, 2002). Entre los abonos orgánicos de origen animal o vegetal la vermicompost como sustrato permite satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos en invernadero y reducir significativamente el uso de fertilizantes sintéticos (Manjarrez *et al.*, 1999). También se usa como mejorador de suelo en cultivos hortícolas y como sustrato para cultivos en invernadero que no contamina el ambiente (Urrestarazu *et al.*, 2001). La vermicompost contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, elevan la capacidad de intercambio catiónico (CIC), tiene alto contenido de ácidos húmicos, y aumenta la capacidad de retención de humedad y la porosidad lo que facilita la aireación, drenaje del suelo y los medios de crecimiento (Ndegwa *et al.*, 2000; Hashemimajd *et al.*, 2004).

Según Raviv et al. (2004, 2005), las compostas se usan como sustrato debido a su bajo costo, sustituyen al musgo y suprimen varias enfermedades presentes en el suelo. En la Comarca Lagunera, México la producción de cultivos hortícolas en sistemas protegidos (invernadero y malla sombra) se halla en aumento y no se cuenta con una caracterización física y química de los sustratos disponibles. Cuando se selecciona un sustrato de crecimiento hay que tomar en cuenta que éste se encuentre disponible en la zona de producción y no acarree contaminación o daño al ambiente al utilizarlo. Edwards (1998), señala que la estructura física final del medio de desarrollo de plantas o vermicomposts producidos de restos orgánicos depende del material que dio origen al material orgánico de los que fueron producidos. Algunos restos, tales como los estiércoles, son transformados por las lombrices rápidamente, a diferencia de los restos de cosecha que por contener mayor cantidad de fibra tardan más tiempo en ser transformados. Sin embargo, el producto final es usualmente un material finamente dividido en pelets, con excelente estructura, porosidad, aireación, drenaje y capacidad de retención de humedad (Edwards, 1998). Por ello, el objetivo de este trabajo fue caracterizar físicamente y químicamente a sustratos elaborados con mezclas de vermicompost y estiércol solarizado para ser usado en la producción de cultivos hortícolas en esta región.

Materiales y Métodos

La Comarca 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° y 47' longitud oeste, y los paralelos 24° 22' y 26° 23' latitud norte. La altura media sobre el nivel del mar es de 1,139 m, cuenta con una extensión montañosa y una superficie donde se localizan las áreas agrícolas y urbanas. El trabajo se realizó en el ciclo agrícola otoño – invierno 2011, en un invernadero del Instituto Tecnológico de Torreón (ITT), ubicado en el km 7.5 de la antigua carretera Torreón – San Pedro, Municipio de Torreón, Coahuila.

Se evaluaron tres sustratos orgánicos elaborados con estiércol solarizado, vermicompost y arena en base a volumen (v:v), quedando de la siguiente manera: T1= 80% arena + 20% estiércol solarizado (AES); T2= 80% arena + 20% vermicompost (AVER); T3= 80% arena + 10% estiércol solarizado + 10% vermicompost, (AESVER) y un tratamiento Testigo T4 = 100% arena + Solución Steiner (ST).

El diseño experimental fue Bloques Completamente al Azar; considerando 4 tratamientos y 4 repeticiones dando un total de 16 unidades experimentales.

Variables de estudio

Parámetros Físicos

- Porosidad total (%), Densidad aparente ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$), Densidad de partícula ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$), Capacidad de retención de agua (%) y porcentaje de aireación (Pire y Pereira, 2003 y Hernández, 2008).

Parámetros Químicos

- Materia orgánica (%): inicial y final. Método de la mufla (Ansorena Miner, 1994).
- Potencial de hidrógeno (pH): Relación 1:5 en base a volumen. Se midió con un conductivímetro portátil marca HANNA una vez al mes a partir de la fecha de trasplante (Metodología desarrollada en 1995 por ex técnicos, del Instituto de Floricultura, datos sin publicar).
- Conductividad eléctrica dS cm^{-1} (CE): 1:5 en base a volumen, se midió con un conductivímetro portátil marca HANNA una vez al mes a partir de la fecha de trasplante (Metodología desarrollada en 1995 por ex técnicos, del Instituto de Floricultura, datos sin publicar).
- Nitratos (NO_3) y Amonio (NH_4): análisis inicial y final. Método de digestión de Kjendal (Moreno, 2005).
- Análisis químico nutrimental en la Cooperativa Agropecuaria de la Comarca Lagunera.
- Determinación de metales pesados Pb y Cd. Por método de absorción atómica.

Resultados y Discusión

En el siguiente cuadro se muestra un análisis preliminar a los sustratos. En él se puede observar su composición química siguientes.

Cuadro 1. Composición química de los sustratos evaluados.

	N	P	K	Fe	Zn	Mn	RAS	PSI
	-----mg kg ⁻¹ -----							
T1= E. Solarizado	9.25	16.53	228.5	1.82	0.65	2.98	2.78	2.76
T2= vermicompost	13.72	15.33	198.5	1.76	.53	2.91	2.95	2.99
T3= E. S + VER	9.11	16.79	201.5	1.91	.67	2.37	2.82	2.81
T4= S.Steiner	----- mg kg ⁻¹ -----							
	12		7	2.00	0.09	0.70	-	-

Son suelos medianamente alcalinos. Medianamente salinos, no sódicos. Su nivel de Nitratos de Nitrógeno (9.11 a 13.72) y de fósforo (15.33 a 16.79) es bajo; Su nivel de potasio (196.5 a 228.50) es alto. Su nivel de carbonatos totales (3.30 a 8.90) es bajo (suelos no calcáreos). Su nivel de materia orgánica (7.04 a 8.80) es alto. Su nivel de elementos menores es el siguiente: alto en magnesio (2.37 a 2.98) y zinc (.53 a .65); medio en cobre (.43 a .65); bajo en fierro (1.76 a 1.91).

En el cuadro 2 podemos observar que el pH Casi se comporto de una manera lineal con unas ligeras variaciones.

Cuadro 2. Propiedades químicas evaluadas al inicio y final del establecimiento del cultivo.

	pH		CE mS cm ⁻¹		MO (%)		NO ₃ NH ₄		
	inicial	final	inicial	final	inicial	final	inicial	final	final
T1= E. Solarizado	7.96	7.86	3.26	0.67	8.80	2.39	9.25 ^b	7.61a	7.4a
T2= vermicompost	7.91	7.58	3.21	1.28	7.04	2.11	12.00 ^a	17.69a	4.93a
T3= E. S + VER	7.93	8	3.67	0.31	7.69	4.59	9.11 ^b	25.09a	6.17a
T4= S.Steiner	7.5	7.64	2.0	1.67	-	3.31		9.05a	4.52a

*Valores con letras iguales dentro de cada columna son similares estadísticamente (Tukey P ≤ 0,05).

En cuanto a la CE y considerando que la óptima para el cultivo de pepino (que fue el que se estableció) es entre 2.2 y 2.7 en hidroponía. Se observa que al final del ciclo de cultivo la CE bajo de manera considerable, esto no sé esperaba pues el cultivo se regaba según su requerimiento (1 L por día), se cree que estas escorrentías pudieron presentarse por la variabilidad de la temperatura aun dentro del invernadero pues iban de los 35 °C a los 0 °C, provocando estas bajas temperaturas una menor absorción de agua. Valmório (2003) encontró que al aumentar la CE de 1.05 hasta 3.5 dS m⁻¹ la absorción de nutrientes esenciales como N, K, P, Ca, Mg y S aumentaba de manera lineal.

En lo referente a la MO tenemos una disminución considerable al final del ciclo, y aunque se ha comprobado que un sustrato puede ser reutilizado en varios ciclos de cultivo, también es bien sabido que la mineralización es lenta en algunos. Pero aun así tanto al inicio como al final el contenido de MO es adecuado para el desarrollo del cultivo. De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA) para las variables de NO₃ y NH₄ y a la prueba de medias no se encontró diferencia estadística significativa (P ≥ 0.05) entre tratamientos.

De acuerdo a la prueba de medias (Tukey P ≤ 0.05) para las propiedades físicas evaluadas: % porosidad total, capacidad de retención de agua y densidad aparente, de los sustratos evaluados. Muestra que la cantidad de vermicompost (20 % en tratamiento 2 y 10 % en tratamiento 3) y estiércol solarizado (20 % en tratamiento 1 y 10% en tratamiento 3) aplicado a los diferentes tratamientos es suficiente para cambiar las propiedades físicas del medio arenoso que se utiliza como sustrato inerte.

Al recordar que algunas de las características físicas de un sustrato ideal según Bunt (1988) y Cabrera (1999), tenemos que el espacio poroso total debe tener un porcentaje entre 70 a 85 %, comparándolo con los obtenidos en este análisis tenemos un promedio cercano al 50 % de PT (porosidad total), 20 % por debajo de lo ideal según estos autores y sin presentar diferencias significativas entre los tratamientos orgánicos, pero si contra el tratamiento testigo.

En cuanto al % de retención de agua de un sustrato ideal es de 55 a 70 % y los valores encontrados en los sustratos evaluados llegan a un 45 % en promedio contra un 40 % en el sustrato testigo de 100% arena. La densidad aparente ideal es menor a 0.4 g cm^{-3} en relación a esta variable los sustratos evaluados si entran dentro de los valores esperados con 1.32, 1.34 y 1.31 g cm^{-3} .

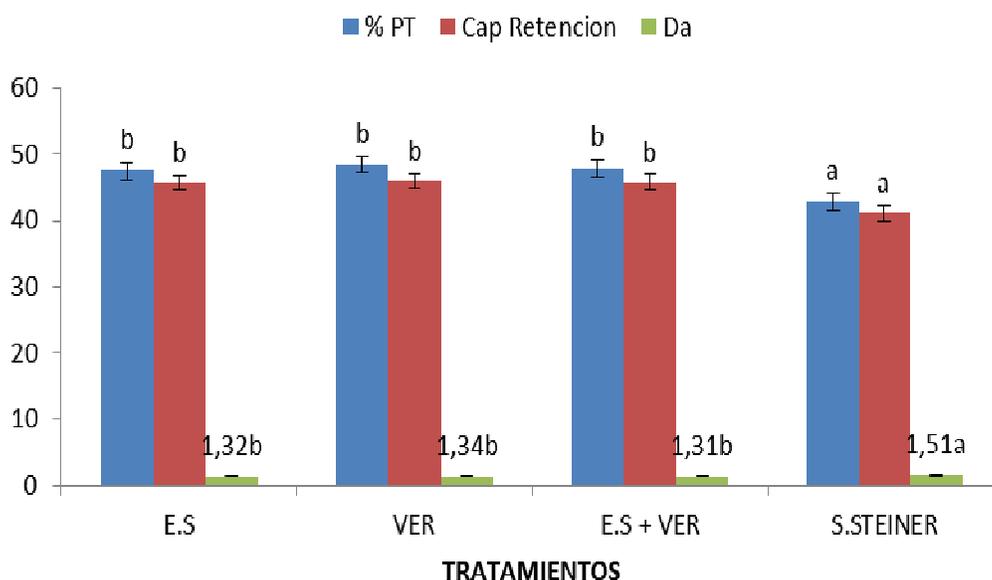


Figura 1 Comportamiento de las propiedades físicas de los sustratos orgánicos evaluados. *Letras distintas dentro de cada columna indican diferencia significativa (Tukey $P \leq 0.05$) PT: porosidad total; Cap. retención: capacidad de retención de agua; Da: densidad aparente.

Cano-Figueroa (2011), obtuvieron resultados similares en cuanto a la Da (densidad aparente) para mezclas de sustratos a base de arena + vermicompost y arena + compost con valores de 1.16 y 1.21 g cm^{-3} , respectivamente.

En esta investigación se decidió realizar el análisis de Pb y Cd en los sustratos, puesto que en la Comarca Lagunera estos elementos han sido encontrados en el medio ambiente (suelo, planta, agua, aire y personas) (Ortiz *et al.*, 2009). En la Figura 4.9 se puede observar el contenido de Pb y Cd en los sustratos evaluados, así como su diferencia estadística según la prueba de medias Tukey $P \leq 0.05$.

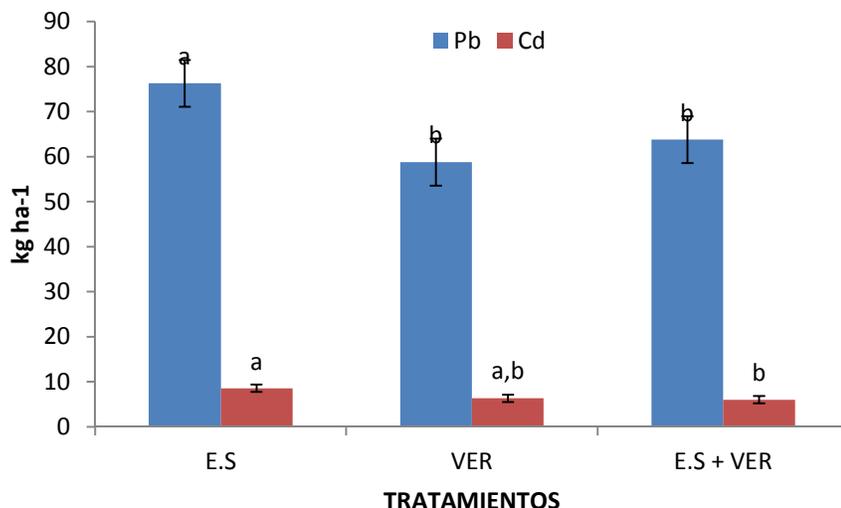


Figura 2 Concentración de Plomo (Pb) y Cadmio (Cd) en los sustratos orgánicos evaluados.

*Valores con letras iguales dentro de cada columna son similares estadísticamente (Tukey $P \leq 0,05$).

El tratamiento de estiércol solarizado muestra una diferencia significativa según la prueba estadística Tukey ($p \leq 0.05$), con valores más elevados tanto para Pb como para Cd, con respecto al resto de los tratamientos, aunque comparado con los límites máximos permisibles que son de Pb = 300 Kg ha⁻¹ y Cd = 36 Kg ha⁻¹ establecidos en la NOM-EM-034-FITO-, todos los sustratos se encuentran dentro de lo establecido.

Rodríguez *et al.*, (2012), evaluaron dos metodologías para determinar los metales pesados en sustratos orgánicos, donde determino que la mezcla triácida permite determinar con una mayor confianza, exactitud y porcentaje, puesto que es capaz de oxidar la materia orgánica desplazando los MP que puedan estar asociados a ella.

Se encontró que el abono elaborado con compost de estiércol vacuno se ubica por encima del límite máximo permisible en cuanto al contenido de Pb y con 250 mg k⁻¹ según lo establecido por las normas de la Habana Cuba, lo cual se asocia con que el estiércol se deposita cerca de la calle 100 mL.

Conclusiones

El sustrato que muestra las mejores características en cuanto a las variables evaluadas es el tratamiento 2 = 80 % arena + 20 % vermicompost con un menor contenido de metales pesados (Pb y Cd). Con respecto al resto de los tratamientos. Un pH = 7.91 y CE = 3.21 los cuales mostraron más estabilidad a lo largo del desarrollo del cultivo, un contenido de materia orgánica inicial de 7.04 % y el análisis final del contenido de nitratos dio a 17.69 lo cual nos indica que se siguió mineralizando, durante estos meses. Y en cuanto a las propiedades físicas para este tratamiento son densidad aparente de 1.34, porosidad total de 48.42 % y capacidad de retención de humedad de 45.88 %. Por consiguiente se recomienda el uso de este sustrato para producción de hortalizas en invernadero ya que cumple con los requerimientos necesarios para obtener un producto rentable y de calidad.

Agradecimientos

Al proyecto de Redes del PROMEP y a la Red Internacional de Agricultura Orgánica conformada por los CA del ITT, FAZ y UACJ por haber financiado este proyecto.

Bibliografía

- Bunt, A.C. 1988. Media and mixes for container-grown plants. Unwin Hyman. London, Great Britain.
- Cabrera, R. I. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. Rev. Chapingo. Serie horticultura 5: 5-11.
- Cano R, P. Figueroa V, U. Cruz M, J, M. Araiza E, I, A. Moreno R, A. determinación del requerimiento de lavado y fitotoxicidad en compostas y sustratos para la producción en invernadero. Agricultura orgánica cuarta parte. Capitulo XIV. Pp 319-332. 2011.
- Edwards C A. (1998). The use of earth-worms in the breakdown and management of organic wastes. En Edwards CA (Ed.) Earthworm Ecology. St. Lucie Press. Boca Raton, Florida. PP. 327-354.
- Hashemimajd K, M Kalbasi, A Golchin, H Shariatmandari (2004). Comparison of vermicompost and compost as potting media for growth of tomatoes. J Plant Nutr. 27:1107-1123.
- Manjares M M J. Ferrera C. González Ch M C. (1999). Efecto de la vermicomposta y la micorriza arbuscular en el desarrollo y tasa fotosintética de chile serrano. Terra 17: 9-15.
- Nieto-Garibay A., Murillo-Amador B., Troyo-Diéguez E., Larrinaga-Mayoral J.A. y García-Hernández J. L. 2002. El uso se compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annum L.*) en zonas áridas. Interciencia. 27(8):417-421.
- Ndegwa P M, S A Thompson, K C Dass (2000) effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. Bioresource Technol. 71:5-12.
- NOM-EM-034-FITO-2000. Norma oficial mexicana (con carácter de emergencia), requisitos y especificaciones para la aplicación y certificación de buenas practicas agrícolas en los procesos de producción de frutas y hortalizas frescas.
- Ortiz-Cano H, G. Trejo C, R. Valdez C, J, G. Arreola Á, J. G. Flore H, A. López A, B. fitoextracción de plomo y cadmio en suelos contaminados usando quelite (*Amaranthus hybridus L.*) y micorrizas. Rev. Chapingo. Serie horticultura. Vol. 15 no.2 Chapingo may./ago. 2009.
- Pinos-Rodríguez J, M. García-López J, C. Peña-Avelino J, A. Rendo-Huerta J, A. González-González C. Tristán, P, F. 2012. Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. Agrociencia vol. 46 no.4 México.
- Ravivi M O, Katan J. Hadar Y. Yogeve S M. Krasnovsky, H Ziadna (2005). High nitrogen compost as a médium for organic container grow crops. Biores. Technol. 96:419-427.
- Rodríguez-Alfaro, Mirelys. Contenido de metales pesados en abonos orgánicos, sustratos y plantas cultivadas en organopónico. Cultrop (online). 2012, vol.33, n.2, pp. 05-12.
- Rodríguez D, N. Cano R. Figueroa V, U. Favela Ch, E. Moreno R, A. Márquez H, C. Ochoa M, M. Preciado R, P. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. Terra Latinoamericana 27: 319-327. 2009.
- Steiner, A.A. 1968. Soilles culture. pp. 324-341. In: Proceedings of the 6th Colloquium of the International Potash Institute. Florence, Italy.
- Trinidad-Santos A. ficha: Abonos orgánicos. 2001. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural pesca y alimentación (SAGARPA). Subsecretaría de desarrollo rural. Dirección general de apoyos para el desarrollo rural.
- Urrestarazu M, M C Salas, M I Padilla, J Moreno, M A Elorrieta, G A Carrasco (2001). Evaluation of different composts from horticultural crop residues and their uses in greenhouse soilless cropping. Acta Hort. 549:147-152.

CRECIMIENTO DE PLANTULAS DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum*; Mill) CON APLICACIONES DE VERMICOMPOST SOLIDA Y LIQUIDA

Gallegos Ponce, A.^{1*}; Hernández Osornio, P.²; Martínez Ríos, A.¹; Quevedo Guillen, J. de D.¹; Puentes Gutiérrez, J.¹; Maraña Santacruz, J.Á.

¹Maestros investigadores de la Facultad De Agricultura y Zootecnia de la UJED. Gómez Palacio Durango México

²Alumnos de la carrera Ingeniero Agrónomo con Esp. en Fitotecnia de la FAZ-UJED Gómez Palacio Durango México

*Autor responsable: gantonio95@yahoo.com.mx; Calle Domicilio Conocido Núm. S/N, Col. Ejido Venecia, Ciudad, Mpio. de Gómez Palacio. Estado. Durango País. México CP 35111; Tel. (871)-711-88-75

Resumen

Se llevó a cabo este experimento, en el Invernadero rustico de la Facultad de Agricultura y Zootecnia. Con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de abonos orgánicos sobre el crecimiento en plántulas. Se evaluaron mezclas de sustratos orgánicos con los porcentajes de 80/20, 60/40% de Peat Moss/Vermicompost y la aplicación de fertilizante orgánico a base de lixiviado de vermicompost en dosis de 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0% en base al volumen de agua aplicado en el riego, además del tratamiento químico y el blanco. La siembra se efectuó el 15 de Mayo del 2013, Se utilizo el híbrido Rio Grande del tipo Saladette, de crecimiento determinado (Pacifica Seed Company, California, USA), en charola de 200 cavidades. Se registró el Área Foliar y Materia Seca, tomándose los valores promedios de 10 plantas con competencia completa, los parámetros de Índices de Crecimiento se determinaron empleando las fórmulas indicadas por Gardner *et al.* (1985), determinando; Índice de Área Foliar (IAF), Relación de Área Foliar (RAF), Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC), Tasa de Asimilación Neta (TAN), Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA). Se puede concluir que; la mezcla de materia orgánicos de Peat Moss/Vermicompost-Lixiviado hasta cierto nivel (60/40-1.0%) causa un efecto positivo en crecimiento de las plantas además reduce costos de producción. Un alto porcentaje de lixiviado (>1.5%) afecta negativamente el crecimiento del cultivo.

Palabras clave: Crecimiento; vermicompost; lixiviado

Introducción

El crecimiento vegetal, se determina mediante medidas directas (altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, área foliar, masa seca) e indirectas (tasa de asimilación neta, tasa de crecimiento del cultivo, tasa relativa de crecimiento, etc.). El crecimiento está ligado a factores ambientales como luz, temperatura y humedad, entre otros (Salisbury y Ross, 1994). Indica el incremento en tamaño en una planta susceptible de medirse a través del peso, altura o algún otro atributo similar, ocurre por el efecto de la fotosíntesis (Bertsch 1998, Woo *et al.*, 2004). Los índices de crecimiento son una herramienta que permiten conocer y evaluar el comportamiento de los cultivos cuando se someten diferentes condiciones (Yescas *et al.*, 2007). Utilizados para explicar el rendimiento del cultivo a través de la formación y acumulación de biomasa, (Roberts *et al* 1985 citado por Orozco *et al* 2008). Explican su eficiencia en acumular materia seca como producto de sus procesos metabólicos (Geraud *et al.* 1995 citado por Casierra *et al* 2007). El uso de fertilizantes inorgánicos en la agricultura son necesarios para producir los alimentos requeridos por la población; el abuso en la utilización de estos insumos afecta la calidad ambiental y la economía del productor (Amado, Ortiz 2003). En este contexto la sociedad está demandando que en la agricultura se asuma un papel más responsable, se deberá hacerse sin deteriorar y mucho menos agotar los recursos base de la misma. (Ortiz, Amado 2003). En la Comarca lagunera se producen anualmente una gran

cantidad de estiércol de bovino el cual después de ser tratado puede ser utilizado directamente como sustrato orgánico en la agricultura. (Preciado *et al* 2008, Chávez *et al* 2008). El uso de sustratos es cada día más utilizado en la producción de plántulas de hortalizas. Debido a la necesidad de obtener plantas de calidad. (Guzmán 2003 mencionado por Quesada y Méndez 2005). En los lixiviados los nutrientes están disponibles inmediatamente ya que cuando se aplica estiércol los nutrientes se van liberando lentamente en el proceso de mineralización (Chávez *et al* 2003, Mencionado por Cabral *et al* 2011).

El lixiviado es un líquido producido durante la elaboración de la vermicompost. (Ruiz 2011). A medida que se riega la pila para mantener la humedad hay una pérdida de agua más una cantidad de nutrientes solubles, microorganismos, ácidos húmicos y fúlvicos (Casco, Iglesias, 2005). Que se recuperan con un sistema de drenaje en forma natural. Estos lixiviados han sido considerados como abonos que se pueden aplicar a las especies vegetales (Moreno *et al* 2009). Ya que satisface las necesidades del cultivo en los que se utiliza. Considerándose un buen medio de producción de cultivos (Fabela *et al* 2009). Contiene una cantidad significativa de sustancias húmicas, elementos nutritivos apegados a las normas de producción orgánica (Luevanos y Velázquez, 2001, García 1996, Chan-Chien *et al*, 2003 Mencionados por Puente *et al* 2011). El lixiviado aplicado al suelo o a la planta actúa como fuente de fertilización. Crea además un medio ideal para la proliferación de organismos benéficos, bacterias, hongos, etc. (Casco, Iglesias, 2005). El objetivo del presente trabajo fue analizar el crecimiento de las plántulas de Tomate, variedad Rio Grande del tipo Saladette, establecido en mezclas de sustratos orgánicos y diferentes dosis de lixiviado de vermicompost.

Materiales y Métodos

El presente informe corresponde al segundo ciclo del proyecto: Producción de plántulas de hortalizas utilizando sustratos orgánicos, realizado en el Invernadero de ventilación natural lateral de la FAZ de la Universidad Juárez del Estado de Durango, ubicada en el Ejido Venecia Mpio. de Gómez Palacio, Dgo., situada en el km 30 de la carretera Gómez Palacio – Tlahualilo, Dgo. Se localiza en el paralelo 25° 46' 56" de latitud norte y el meridiano 103° 21' 02" de longitud oeste, a una altura de 1,110 metros sobre el nivel del mar. Las mezclas de los sustratos utilizados son las que en el ciclo anterior presentaron la mejor respuesta. (Cuadro 1, 2 y 3). Otro factor de estudio del trabajo fue la aplicación de fertilizante orgánico a base de lixiviado de vermicompost (cuadro 4, 5 y 6) en dosis de 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0% en base al volumen de agua aplicado en el riego, además del tratamiento químico y el blanco, el fertilizante químico fue a base de dos soluciones que consistieron en: A; fosfato monoamónico 340 g, nitrato de calcio 2.080 g, nitrato de potasio 450 g, B; sulfato de magnesio 492 g, sulfato de cobre 48 g, sulfato de manganeso 248 g, sulfato de zinc 120 g, ácido bórico 620 g, molibdato de amonio 02 g, quelato de hierro 50 g, disueltos en 10 l de agua. Resultando doce tratamientos (Cuadro 6) dispuestos en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, la parcela experimental se colocó en una charola de 200 cavidades de 25 mL.

El híbrido de tomate utilizado fue Rio Grande del tipo Saladette, de crecimiento determinado; la siembra se efectuó el 15 mayo 2013, colocando una semilla por cavidad en los diferentes sustratos evaluados, las cuales se apilaron cubriendo las placas con una membrana plástica negra hasta que se inició la emergencia, posteriormente se colocaron en las camas de propagación, donde permanecieron 45 días, el riego se realizó dos veces al días en las primeras etapas de su desarrollo la cual termino en la aparición del primer par de hojas verdaderas, posteriormente se efectuó según las necesidades de agua por el cultivo con una regadera manual de gota fina. En promedio durante el periodo se rego una vez al día saturando las charolas de agua. El ANVA de datos se realizó mediante el paquete estadístico SAS (SAS Institute, Inc System for Lineal Models, Third Edition, Cary, NC, USA); cuando se detectó un valor significativo se utilizó la prueba de Duncan ($P < 0.05$) para definir las diferencias entre tratamientos con el mismo paquete estadístico. Las variables respuesta fueron Índice de Área Foliar (IAF), Relación de Área Foliar (RAF), Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC), Tasa de Asimilación Neta (TAN), Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA).

Cuadro 1. Descripción de las materias primas utilizadas como sustrato en la producción de plántulas de Tomate. CAE FAZ-UJED. 2013.

Material	Preparación	Materia Prima
Vermicompost	Elaborada en la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango	Estiércol de bovino lechero procesado por la lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>)
Peat Moss	Material de pacas comerciales "Premier" Hecho en Canadá	Turba proveniente del musgo Sphagnum para el enraizamiento

Cuadro 2. Código, material y proporción de los sustratos orgánico evaluados en la producción de plántulas de Tomate.

Código	Sustrato	Proporción en volumen
A1	Peat Moss + Vermicompost	80/20
A2	Peat Moss + Vermicompost	60/40

Cuadro 3.- Características químicas de los sustratos utilizados en la producción de plántulas de Tomate.

Sustrato	N total (%)	P %	M.O. %	pH	C. E. (mS cm ⁻¹)
A1 (80/20)	1.40	0.48	72.33	5.88	2.00
A2 (60/40)	1.51	0.74	58.99	6.93	2.20

Cuadro 4. Fuente y proporción de los lixiviados de vermicomposta evaluados en la producción de plántulas de Tomate.

Código	Fuente Nutriente	Proporción en volumen
B1	Blanco	Testigo
B2	Químico	
B3	Lixiviado	0.5 %
B4	Lixiviado	1.0 %
B5	Lixiviado	1.5%
B6	Lixiviado	2.0%

Cuadro 5.- Características químicas del lixiviado de vermicompost aplicado en la producción de plántulas de Tomate.

	Unidades	Valor	Rango Optimo
pH		8.23	6.5 – 7.5
Materia orgánica	%	0.83	> 3.0
Conductividad eléctrica	mS cm ⁻¹	4.31	2.0 – 8.0
Nitrógeno total (N)	%	0.77	
Fósforo total (P)	%	0.21	
Potasio (K)	Ppm	348.7	> 170
Hierro (Fe)	Ppm	6.53	2.5 – 4.5
Cobre (Cu)	Ppm	0.77	0.3 – 1.0
Zinc (Zn)	Ppm	1.86	0.5 – 1.0
Manganeso (Mn)	Ppm	4.11	1.0 – 2.5

Cuadro 6.- Dosis de tratamientos evaluados en la producción de plántulas de Tomate C.A.E.-FAZ-UJED. 2013.

Tratamiento	Sustrato-Fertilizante	Dosis Total de Solución Nutritiva (ml)
T1	A1B1 80/20-BLANCO	-----
T2	A2B1 60/40-BLANCO	-----
T3	A1B2 80/20-QUIMICO	208
T4	A2B2 60/40-QUIMICO	208
T5	A1B3 80/20-0.5% LIXIVIADO	52
T6	A2B3 60/40-0.5% LIXIVIADO	52
T7	A1B4 80/20-1.0% LIXIVIADO	104
T8	A2B4 60/40-1.0% LIXIVIADO	104
T9	A1B5 80/20-1.5% LIXIVIADO	156
T10	A2B5 60/40-1.5% LIXIVIADO	156
T11	A1B6 80/20-2.0% LIXIVIADO	208
T12	A2B6 60/40-2.0% LIXIVIADO	208

Resultados y Discusión

En el análisis de varianza (Cuadro 7), se encontró que existe diferencia altamente significativa ($P < 0.01$) para Índice de Área Foliar (IAF), Relación de Área Foliar (RAF), Tasa de Asimilación Neta (TAN) y Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA). Mostrando una respuesta heterogénea de los tratamientos evaluados, difiriendo en magnitud en su forma de responder a la aplicación de materia orgánica. Respecto de la Tasa de Crecimiento Cultivo (TCC) no existe diferencia estadística ($P > 0.05$) la respuesta para esta variable es homogénea en los diferentes tratamientos.

Cuadro 7.- Significancia de cuadrados medios para Índice de Área Foliar (IAF), Relación de área foliar (RAF), Tasa de crecimiento del cultivo TCC), Tasa de asimilación neta (TAN), Tasa de crecimiento absoluto (TCA) en la producción de plántulas de Tomate C.A.E.-FAZ-UJED. 2013.

FV	GL	IAF	RAF	TCC	TAN	TCA
Tratamientos	11	4.26680606**	1117.20007**	0.00732620 ^{ns}	4.2298634E-8**	0.00001071
Repetición	2	0.23505833	142.05034	0.00454669	2.6155278E-9	0.00000059
Error	22	0.25502803	279.18391	0.00654006	7.0750732E-9	0.00000040
Total	35					
C.V.		24.51	27.74	22.48	20.35	13.55

**; Altamente significativo. ns; No significativo. C.V.; Coeficiente de variación

En el cuadro 8 se observa la comparación de medias de; **IAF**, donde los tratamientos 3, 4 y 8 presentan los mayores valores, los cuales se encuentran acordes con los propuestos por Gardner *et al.* (1985) y Allen *et al.* (2006), valores de 3 a 5 son comunes para muchos cultivos. A mayor IAF, mayor será el porcentaje de luz (energía radiante) que sea interceptado (Gil y Miranda 2007). Respecto de **RAF**, el mejor tratamiento es el 8 como el más vigoroso seguido por 4, 5, 6 y 7. Es un Indicador del tamaño del aparato fotosintético de la planta. Bertsch F. (1998). La **TCC** es la ganancia de peso de una comunidad de plantas por unidad de superficie por unidad de tiempo. Un valor promedio de $20 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$ ($200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$) es consideradamente importante para la mayoría de los cultivos, particularmente del tipo C_3 Gardner *et al.* (1985). Con base en los resultados obtenidos numéricamente el tratamiento 3, 4 y 7 fueron los más altos. **TAN**, se define como la tasa de incremento en la biomasa de la planta por unidad de área foliar (Jarma 2006, Villar *et al.* 2008). Los mejores tratamientos estadísticamente son 1, 2, 9, 10 11, y 12, Valores similares encontró Carranza *et al.* (2009) con el cultivo de Lechuga donde a los 24 días después del trasplante la TAN fue de $0.00046 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$. **TCA**, se la define como el incremento de material vegetal por unidad de tiempo, tomado en un período finito. Los tratamientos sobresalientes fueron el 3 y 4. Los cuales presentaron una tasa mayor a los encontrados por Sedano *et al.* (2005) en el cultivo de lechuga los cuales fueron de $0.0025 \text{ g día}^{-1}$.

Cuadro 8. Comparación de medias de tratamientos.

Tratamiento	IAF	RAF (cm ² ·g ⁻¹)	TCC (g·cm ² ·día ⁻¹)	TAN (g·cm ² ·día ⁻¹)	TCA (g·día ⁻¹)
T1	1.17 d e f	46.90 c d	0.05	0.00050 a	0.0036 d e
T2	1.99 c d e f	44.42 c d	0.09	0.00051 a	0.0062 b
T3	3.54 b	63.22 b c d	0.12	0.00035 b	0.0077 a
T4	4.54 a	73.88 a b c	0.13	0.00030 b	0.0085 a
T5	2.22 c	81.71 a b	0.06	0.00027 b	0.0038 c d
T6	2.07 c d	74.78 a b c	0.06	0.00029 b	0.0039 c d
T7	1.65 c d e f	67.96 a b c d	0.21	0.00033 b	0.0034 d e
T8	3.41 b	98.90 a	0.07	0.00025 b	0.0049 c
T9	0.91 f	39.11 d	0.05	0.00052 a	0.0032 d e
T10	1.33 c d e f	43.75 c d	0.06	0.00052 a	0.0042 c d
T11	0.76 f	43.05 c d	0.04	0.00052 a	0.0025 e
T12	1.09 e f	44.96 c d	0.05	0.00050 a	0.0034 d e

Conclusiones

El tratamiento 8 (60/40-1.0% de Peat Moss/Vermicompost-lixiviado respectivamente) logro satisfacer la demanda nutritiva del cultivo de Tomate en el almacigo, al registrar las mejores características en las variables evaluadas. El lixiviado en esta primera etapa no presenta valores para demostrar que puede sustituir a la fertilización química, pero si representa ahorro en los costos de producción y amigable con el medio ambiente. La respuesta de la aplicación de lixiviados en altas concentraciones (1.5 y 2.0% del volumen de agua aplicado) responden con valores bajos.

Bibliografía

- Allen G. R., Pereira S. L., Raes D., Smith M., 2006 Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos Estudio FAO riego y drenaje. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación ISSN 0254-5293 Roma, Italia. Pág. 21–22 Dirección electrónica: <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/idp56s.pdf>
- Amado, Á. J. P., Ortíz F. P., 2003 Evaluación de fitohormonas, fertilizantes químicos y biológicos sobre la producción de Avena de temporal. "en" Abonos Orgánicos y Plasticultura edit. Enrique Salazar Sosa et al. Gómez Palacio Durango México, Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, COCyTED pág.166-187
- Bertsch F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. Asoc. Costarricense de la C. del Suelo. San José, Costa Rica pág. 9-23
- Cabral V. F., Vázquez N. M., Gallegos P. A., Quevedo G. J. de D., Figueroa V. R., Hernández C. J. E., 2011 El uso de lixiviados de lombricomposta como alternativa ecológica y fertilización sintética en cuatro variedades de Avena (*Avena sativa*) en la producción de grano, "en" Memorias de la XXIII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED Ed. Juan J. Martínez Ríos *et al* Gómez Palacio Dgo. México pág.1200 – 1206
- Carranza C., Lancho O., Miranda D., Chaves B., 2009 Análisis del crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) 'Batavia' cultivada en un suelo salino de la Sabana de Bogotá. Agron. colomb. vol.27 no.1 Bogotá Jan./Apr. ISSN 0120-9965 Dirección electrónica www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-99652009000100006&script=sci_arttext
- Casco, C. A., Iglesias, M. C., 2005 Producción de biofertilizantes líquidos a base de lombricompost UNIVERSIDAD NACIONAL NORDESTE Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Resumen: A-063 Corrientes. Argentina. Dirección electrónica <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2005/5-Agrarias/A-063.pdf>
- Casierra P. F., Constanza C. M., Cárdenas H. J. F., 2007 Análisis del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero "En" Agronomía Colombiana Volumen 25 Numero 2 Pág. 299-305, Dirección electrónica: <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v25n2/v25n2a12.pdf>
- Chávez C. J., Preciado, R. P., Orozco V. J. A., Segura C. M. A., González B. C., 2008 Alternativas de fertilización en el cultivo de tomate en invernadero "En" Memoria de la XX Semana Internacional de Agronomía Ed. Martínez R. *et al*. FAZ-UJED Gómez Plació Dgo. México ISBN 978-968-9304-23-4 pág.432-434

- Fabela Z. A., García G. L., Rodríguez R. J. C., García R. E. A., 2009 Aplicación de vermicomposta líquida en el cultivo de lechuga bajo condiciones de invernadero "en" Memorias de la XXI Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED Ed. Rafael Zúñiga Tarango *et al* Gómez Palacio Dgo. México pág. 59 – 64
- Gardner, F. P., B. Pearce R., and L. Mitchel R., 1985. Physiology of crop plants. The Iowa State University Press. Ames, IA. pág. 187-208
- Gil A. I., Miranda D., 2007. Efecto de cinco sustratos sobre índices de crecimiento de plantas de papaya (*Carica papaya* L.) bajo invernadero. "En" Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas Vol. 1 No. 2 Pág. 142-153, Dirección electrónica <http://soccolhort.com/revista/pdf/magazin/Vol1/vol.1no.2/Vol.1.No.2.Art.2.pdf>
- Jarma A., Rengifo T. y Araméndiz T. H., 2006 Fisiología de estevia (*Stevia rebaudiana*) en función de la radiación en el Caribe colombiano. II. Análisis de crecimiento. Agronomía Colombiana volumen 24 numero 1 Pág. 38-47 Dirección electrónica <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v24n1/v24n1a05.pdf>
- Moreno R. A., García C., Valdez R. V. M., Madero T. E., Preciado R. P., 2009 Producción de sandía con fertilización sintética y lixiviado de vermicompost "en" Memorias de la XXI Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED Ed. Rafael Zúñiga Tarango *et al* Gómez Palacio Dgo. México pág.639 – 643
- Orozco V. J. A., Hernández D. B., Yescas C. P., Preciado R. P., Segura C. M. A., García L. G., 2008 Análisis de crecimiento del maíz forrajero a diferentes dosis de nitrógeno. "En" Memoria de la XX Semana Internacional de Agronomía Ed. Martínez R. *et al*. FAZ-UJED Gómez Plació Dgo. México ISBN 978-968-9304-23-4 pág. 809-814
- Ortíz F. P., Amado, Á. J. P., 2003 Uso de biofertilizantes en avena de temporal en la sierra de Chihuahua. "en" Abonos Orgánicos edit. Enrique Salazar Sosa *et al*. Gómez Palacio Durango México, Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, COCyTED pág.174-192
- Preciado, R. P., Fortis H. M., Rueda P. E. O., Ayala G. A. V., Chávez C. J., 2008 Calidad del fruto de tomate por efecto del tipo de fertilización en invernadero "En" Memoria de la XX Semana Internacional de Agronomía Ed. Martínez R. *et al*. FAZ-UJED Gómez Plació Dgo. México ISBN 978-968-9304-23-4 pág.428-431
- Puentes M. J. L., Gutiérrez M. J., Moreno R. A., Ruiz de la R. J. de D., Carrillo A. J. S., Orozco V. J. A., 2011 Determinación de nitratos fosfatados y potasio en tomate fertilizado con lixiviado de vermicompost "en" Memorias de la XXIII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED Ed. Juan J. Martínez Ríos *et al* Gómez Palacio Dgo. México pág. 483 - 485
- Quesada R. G., Méndez S. C., 2005. Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas Revista; Agronomía Mesoamericana año/volumen 16 numero 002 Universidad de Costa Rica Alajuela Costa Rica ISSN: (Versión impresa) 1021-7444 pág. 171-183. Dirección electrónica: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/437/43716207.pdf>
- Ruiz M. M. 2011 Taller de elaboración de lombricomposta, porque tener lombrices nos beneficia a todos... Universidad Iberoamericana Biblioteca Francisco Xavier Clavigero México D. F. 23 pág Dirección electrónica: <http://www.uia.mx/web/files/publicaciones/taller-de-lombricomposta.pdf>
- Salisbury, F. B. y C. W. Ross. 1994. Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica S.A., México. 759 p.
- Sedano C. G., González H. V. A., Engleman M E., Villanueva V. C., 2005 Dinámica del crecimiento y eficiencia fisiológica de la planta de calabacita. "En" Revista Chapingo serie horticultura Volumen XI, Número 2 ISSN 2007-4034 Pág. 291-297
- Villar R., Ruiz R. J., Quero J. L., Poorter H., Valladares F., Marañón T., 2008 Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas "En" Valladares, F. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante (Segunda edición). Ministerio de Medio Ambiente. EGRAF, S. A., Madrid. ISBN: 978-84-8014-738-5 Pág. 193-230. Dirección electrónica <http://digital.csic.es/bitstream/10261/47933/1/Tasas%20de%20crecimiento%20en%20especies%20le%C3%B1osas.pdf>
- Woo R. J. L., R. Vásquez A., E. Olivares S., F. Zavala G., R. González G. R. Valdez C., C. Gallegos V. 2004. Análisis de crecimiento en maíz (*Zea mays*; L.) aplicando lodos activados y urea "En" Revista: agrofaz; Ed. Zúñiga *et al*. Volumen 4, número 1 pág. 437-441
- Yescas C. P., V. de P. Álvarez R., G. García L., J. A. Orozco V., J. E. Sánchez H., M. Segura C., 2007. Índices de crecimiento en maíz forrajero bajo riego por goteo subsuperficial. "En" Memoria del XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. León, Guanajuato, México. pp 1515-1518.

ÁCIDO HÚMICO Y FÚLVICO EN EL CULTIVO DE MELÓN EN CONDICIONES DE AGRICULTURA PROTEGIDA

Gómez de la Cruz, S.^{1*}; Zermeño González, H.²; Potiseck Talavera, M. del C.³; González Cervantes, G.³; Chatú Toalá, C. P.⁴

¹Alumno de maestría en ciencias en suelo del Instituto Tecnológico de Torreón, Coahuila, México.

²Maestro investigador del Instituto Tecnológico de Torreón, Coahuila, México.

³Investigador del campo experimental del CENID – RASPA, Gómez Palacio, Durango, México.

⁴ Alumna de agroecología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México.

*Autor responsable: Sarain_02g@hotmail.com. Av. Frontera, núm. 380, Valle Verde, Torreón, Coahuila, Méx. C.P. 27500. Tel (871)14452 22

Resumen

El objetivo de esta investigación fue determinar el grado de asociación entre el índice de área foliar del melón, la acumulación de biomasa en el periodo de reproducción y mejorar el rendimiento y calidad del fruto de melón producido en agricultura protegida (bioespacio) con la aplicación de humatos. En la actualidad, los productores tratan de mejorar su producción agrícola mediante técnicas de manejo que mejoren los factores negativos que limitan la misma, sin embargo, el suelo de la Comarca Lagunera se caracteriza por poseer pH mayores de 7.8, menos de 1% de materia orgánica, con un 25% de carbonatos de calcio, lo cual provoca fijación de micronutrientes metálicos y compactación del suelo y por consiguiente disminución del desarrollo de los cultivos. La investigación se llevó a cabo en el campo experimental del CENID- RASPA, ubicado en la ciudad de Gómez Palacio, Dgo. Se evaluaron tres tratamientos que consistieron en aplicación de ácido húmico, ácido fúlvico y testigo (sin aplicación de estos); el ácido húmico y fúlvico se aplicó en la base del tallo a los dos días después del trasplante y en la etapa de floración, en dosis de 4 ml disueltos en 996 ml de agua, respectivamente. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento. Se encontró diferencia significativa para el rendimiento total, diámetro ecuatorial, y del área foliar en dos fechas de muestreos correspondientes a los 45, 60 días después del trasplante, el mejor tratamiento para estas variables de acuerdo a la prueba de Tukey, fue con aplicación de ácido húmico y las variables diámetro polar y grosor de pulpa no se encontró diferencia significativa, sin embargo, muestra una tendencia positiva a la aplicación del tratamiento de ácido húmico.

Palabras clave: Ácido húmico; ácido fúlvico; melón

Introducción

El cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) es una de las hortalizas de mayor importancia económica y social en la región de la Comarca Lagunera y para nuestro país. Dependiendo del precio, el valor de la producción varía comúnmente desde \$ 25,000 hasta \$ 75,000 pesos por hectárea y genera alrededor de 120 jornales por hectárea. (SAGARPA, 2005). La Región Lagunera destaca como la zona melonera más importante del país con una superficie anual promedio de más de 5,300 hectáreas y una producción de 115,000 toneladas (SAGARPA-Laguna, 2008).

A pesar de las cifras anteriormente señaladas, existen factores adversos que limitan la producción de este cultivo, como son las altas temperaturas, plagas, enfermedades, la baja disponibilidad de agua, y la mala calidad del suelo (AGRO produce, 2007). En lo que se refiere al suelo es, una de las problemáticas en la Comarca Lagunera ya que se caracterizan por poseer pH mayores a 7.8, bajo

contenido de materia orgánica, lo cual provoca alta fijación de micronutrientes metálicos y compactación del suelo y por consiguiente disminución en el desarrollo de los cultivos (Agroindustria, 2001). Los ácidos fúlvicos y húmicos presentan una alternativa para la producción de cultivos, permiten el mejoramiento de la estructura del suelo al favorecer la formación de agregados y la reproducción exponencial de microorganismos (Agroindustria, 2001). Tienen notoria capacidad para retener y transportar nutrientes, metales y plaguicidas; además de ser la fuente más importante de carbono orgánico terrestre y acuático (Álvarez *et al.*, 2004; Brigante *et al.*, 2006). Activan los procesos bioquímicos en plantas, como la respiración y fotosíntesis, con lo que se incrementa el contenido de clorofila, absorción de nutrientes, crecimiento de organismos del suelo, desarrollo de raíces, calidad y rendimientos de plantas (Aganga y Tshwenyane, 2003). Posibilitan un mejor aprovechamiento de fertilizantes foliares y radicales, lo cual se traduce en mayores rendimientos y mejor calidad de cosechas (Agroindustria, 2001).

Materiales y métodos

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el área experimental del CENID – RASPA, ubicado en el km 6.5 margen derecha del canal de Sacramento, de Gómez, Palacio, Dgo. se localiza entre el meridiano 103° 22' y 104° 47' Longitud Oeste, y entre los paralelos 24° 22' y 26° 23' Latitud Norte. La altura media sobre el nivel del mar es de 1139 m.

Se tiene un clima árido caliente desértico, seco, con régimen de lluvias en verano e inviernos fríos; la temperatura media anual observada varía de 19 a 21° C, la temperatura máxima promedio de los últimos 10 años es de 33.6° C y la mínima de 5.59° C. La precipitación de esta región es muy escasa, varía de 200 a 400 mm, con un promedio de 240 mm anuales, se tiene una evaporación anual de 2,600 mm. La máxima se tiene en los meses de agosto y septiembre (Pérez, 2000).

Se evaluaron tres tratamientos que correspondieron al tratamiento uno, aplicación de ácido fúlvico en dosis de 4 ml disueltos en 996 ml de agua; tratamiento dos, aplicación de ácido húmico en dosis de 4ml disueltos en 996 ml de agua y el tratamiento testigo sin aplicación de estos. Estos tratamientos fueron evaluados en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. El experimento se estableció en casa sombra (bioespacio) cubierto con una malla antiáfida al 70% de luz y se establecieron camas meloneras de 13 metros de longitud y separación de 1.30 metros, se sembraron a doble hilera a una separación de 0.60 m y la misma distancia entre plantas la cual da una densidad de población de 25,564 plantas por hectárea.

La producción de plántula se realizó dentro del invernadero, utilizando charolas de unicel de 200 cavidades, como sustrato se empleó peat moss. Las plantas fueron trasplantadas a las camas meloneras cuando aparecieron las primeras cuatro hojas verdaderas, aproximadamente a los 30 días después de siembra.

Los ácidos húmicos y fúlvicos se aplicaron a una dosis de 4 ml por cada 996 ml de agua en la base del tallo. Para la preparación de la solución nutritiva se usó la solución Steiner. Se realizaron dos aplicaciones la primera dos días después del trasplante y la segunda 14 días después de la primera (inicio de floración), en dosis de un litro de solución por planta respectivamente en ambas aplicaciones.

El rendimiento se evaluó a los 65 días después del trasplante, se tomó un fruto por tratamiento y repetición se pesaron con una báscula digital, su peso se registró y en base a este resultado se estimó el rendimiento en toneladas por hectárea. Después de haber obtenido el rendimiento se procedió a obtener el tamaño de fruto considerando el diámetro polar y ecuatorial realizándose con un vernier en cada uno de los frutos evaluados para el rendimiento.

Para evaluar la calidad del fruto se midió el grosor de pulpa y el contenido de azúcar (grados brix). El grosor de pulpa se realizó utilizando un vernier y para el contenido de azúcares se utilizó el refractómetro.

La producción de materia seca se obtuvo realizando 5 muestreos destructivos, a 15, 30, 45, 60 y 75 días después del Trasplante (ddt). En cada muestreo se tomaron una planta, por cada tratamiento y repetición a cada planta se le separaron los órganos vegetativos y reproductivos (tallos,

hojas, flor y raíz). Para el secado de estos órganos se colocaron en bolsas de papel por separado y se perforaron y sometieron a una temperatura de 65°C durante 72 horas en una estufa marca “Felisa” y posteriormente se obtuvo el peso.

El área foliar se determinó a los 15, 30, 45, 60 y 75 días después del trasplante, utilizando el método destructivo que consistió en quitar las hojas a cada planta correspondiente a cada tratamiento y repetición y estas se pasaron a un medidor de área LI-COR modelo L 1-3100.

Resultados y discusión

Se encontró diferencia significativa en el rendimiento total del melón, siendo el tratamiento con la aplicación de ácido húmico el mejor de acuerdo a la prueba de Tukey, obteniendo un total de 32.73 toneladas por hectárea en comparación al testigo que fue de 24.22 toneladas por hectárea tal como se muestra en el cuadro uno.

Cuadro 1. Rendimiento total del cultivo de melón, durante el ciclo agrícola primavera-verano 2013, CENID RASPA, Gómez Palacio, Dgo.

Tratamiento	media (ton ha ⁻¹)	
Ácido húmico	32.7300	A
Ácido fúlvico	27.1225	AB
Testigo	24.225	B
Nivel de significancia = 0.05 Tukey= 6.4203		

Para la variable grosor de pulpa y diámetro polar no se encontró diferencia significativa de los tratamientos evaluados sin embargo se muestra tendencia favorable; con la aplicación ácido fúlvico y húmico respectivamente en comparación al testigo. Para la variable diámetro ecuatorial se encontró diferencia significativa entre los tratamientos evaluados siendo el tratamiento de ácido húmico el mejor de acuerdo a la prueba de Tukey con respecto al tratamiento de ácido fúlvico y testigo respectivamente como se muestra en el cuadro dos.

Cuadro 2. Grosor de pulpa, diámetro polar y ecuatorial del cultivo de melón, durante el ciclo agrícola primavera-verano 2013, CENID RASPA, Gómez Palacio, Dgo.

Tratamiento	grosor de pulpa	diámetro polar (cm)	diámetro ecuatorial (cm)
Ácido húmico	27.47 ^a	130 ^a	144.787 ^a
Ácido fúlvico	27.73 ^a	131 ^a	122.517 ^{ab}
Testigo	24.75 ^a	125 ^a	111.442 ^b
Nivel de significancia = 0.05 Tukey= 7.5861			

La variable de área foliar de los cinco muestreos realizados se encontró diferencia significativa en los últimos tres muestreos que corresponden a los 45, 60 y 75 días después del trasplante, donde se puede observar de acuerdo al cuadro cinco que para el muestreo tercero y cuarto, el ácido húmico fue el mejor tratamiento de acuerdo a la prueba de Tukey y en el último muestreo el tratamiento testigo fue el mejor de acuerdo a la misma prueba utilizada.

Cuadro 3. Área foliar de los cinco muestreo realizados del cultivo de melón, durante el ciclo agrícola primavera-verano 2013, CENID RASPA, Gómez Palacio, Dgo.

Tratamiento	muest 1	muest 2	muest 3	muest 4	muest 5
Ácido húmico	14.01 ^a	45.18 ^a	77.51 ^a	111.79 ^a	53.76 ^{ab}
Ácido fúlvico	15.08 ^a	41.64 ^a	69.09 ^{ab}	72.14 ^c	39.81 ^a
Testigo	13.38 ^a	34.26 ^a	60.53 ^b	92.01 ^b	70.64 ^a

Nivel de significancia = 0.05

Conclusiones

La variable de rendimiento total, diámetro ecuatorial y el área foliar del tercero y cuarto muestreo la mejor respuesta en forma significativa y el mejor tratamiento de acuerdo a la prueba de Tukey fue con la aplicación de ácido húmico; la variable grosor de pulpa y diámetro polar no se encontró diferencia significativa, sin embargo, se obtuvo una tendencia a incrementarse con la aplicación del tratamiento de ácido húmico y fúlvico.

Agradecimientos

Agradecimiento especial al Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Planta Atmosfera, Gómez Palacio, Dgo, México por todas las facilidades y apoyos brindados para la realización de esta investigación; a la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Torreón, Coahuila, México. Por los apoyos brindados para realizar los estudios de posgrado; a los investigadores Mc. María del Carmen Potiseck Talavera, Dr. Guillermo González Cervantes y Dr. Héctor Zermeño González, por todas las sugerencias brindadas y a Claudia Patricia Chatú Toalá, por todo su apoyo brindado en el trabajo de campo.

BIBLIOGRAFÍA

- (Agroindustria). 2001 (en línea), Acido fúlvico, más crecimiento, calidad y rendimiento. <http://www.2000agro.com.mx/agroindustria/acido-fulvico-mas-crecimiento-calidad-y-rendimiento/> (consultado, abril de 2013).
- Aganga, A. A. and Tshwenyane, S. O. 2003. *Lucerne, lablab and Leucaena leucocephala forages: Production and utilization for livestock production*. Pakistan Journal of Nutrition 2: 46-53.
- AGRO produce, 2007. Bioespacios alternativa tecnológica para la producción de hortalizas en el Estado de Oaxaca.
- Álvarez, R. A.; Goulet, P. and Garrido, J. 2004. *Characterization of the porous structure of different humic fractions*. Colloids and surface. pp. 129-135.
- Brigante, M.; Zanini, G. y Avena, M. 2006. *Efecto de ácidos carboxílicos en la cinética de disolución de ácidos húmicos*. Sección E. Química de sólidos, superficies, interfaces y materiales. Bahía Blanca, Argentina. pp. 1.
- Pérez, G.J.L. 2000. Productividad del agua en tres sistemas de producción en sandía (*Citrullus lanatus* Thunb) con riego por cintilla y acolchado plástico. Tesis Profesional. Instituto Técnico Agropecuario No. 10. Torreón, Coah. México.
- Secretaría de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentación SAGARPA-Laguna. 2008. Delegación Federal en la Comarca Lagunera. Anuarios Estadísticos 1980-2007.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2005 (en línea). Melón. II. Producción nacional. Superficie sembrada. Volumen de producción. http://www.siap.sagarpa.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=15 (consultado, abril de 2013).

USO DE MICORRIZAS Y ESTIERCOL BOVINO SOLARIZADO EN LA PRODUCCION DE MAIZ FORAJERO

Luna Anguiano, J.1; Ceniceros García, A. K.2; Salazar Sosa, E.3; Salazar Meléndez, E.1; Novella Cepeda, N.A.2

¹ Alumno del doctorado Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales 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 Facultad de Agricultura y Zootecnia 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

La producción de forrajes en México es importante debido a que constituyen una de las fuentes más económicas de nutrientes para la alimentación de los rumiantes, hoy en día la producción de forrajes de alta calidad, sin el uso de fertilizantes sintéticos y haciendo un uso eficiente del agua, es una necesidad en la Región Lagunera ya que es un área donde la limitación de este recurso es alarmante, La utilización de fertilizantes biológicos es un concepto que se ha puesto en práctica desde hace mucho tiempo en la Región Pampeana Argentina, pero en los últimos años ha tomado un impulso creciente, a partir del desarrollo de productos de mayor calidad, y orientados hacia nuevos cultivos. La colonización de hongos micorrízicos arbusculares en las células corticales de la raíz, promueven el desarrollo de la mayoría de los cultivos agrícolas estableciendo una asociación simbiótica con las plantas, mejorando su desarrollo y logrando una mayor absorción de agua y nutrientes. Los abonos orgánicos son enmiendas que se incorporan al suelo para mejorar sus propiedades físicas, químicas, biológicas y con ello su fertilidad. En este tenor se realizó un experimento en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango para evaluar dosis de estiércol con y sin micorrizas en la producción de maíz. Los resultados muestran diferencias entre los tratamientos de estiércol, sin embargo no muestra diferencias en la aplicación o no de hongos micorrízicos.

Palabras Clave: Abonos orgánicos; fertilizantes biológicos; solarización

Introducción

La agricultura orgánica es una estrategia de desarrollo que trata de cambiar algunas de las limitaciones encontradas en la producción convencional y que mas que una tecnología de producción, es una estrategia de desarrollo que se fundamenta no solamente en un mejor manejo del suelo y un fomento al uso de insumos locales, sino también en un mayor valor agregado y una cadena de comercialización mas justa, Espinoza *et al.* (2007). Así mismo 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). La producción de forrajes en México es importante debido a que constituyen una de las fuentes más económicas de nutrientes para la alimentación de los rumiantes. Hoy en día la producción de forrajes de alta calidad, sin el uso de fertilizantes sintéticos y haciendo un uso eficiente del agua, es una necesidad en la Región Lagunera ya que es un área donde la limitación de este recurso es alarmante. En México el maíz ocupa el quinto lugar dentro del patrón de cultivos producidos orgánicamente , (Fortis *et al.* 2007).

Actualmente la región produce un promedio de maíz forrajero de 50 Mg ha^{-1} de forraje fresco y 15 ton de materia seca. El empleo de maíz en la alimentación animal tiene una gran versatilidad ya que puede ser consumido en verde, ensilado, seco (heno o rastrojo) o como grano (Reta, 2004). El sistema de riego por goteo subsuperficial (RGS) alcanza una de las mayores eficiencias en la aplicación de agua (95%). Por otra parte 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. En la región se producen aproximadamente 1,000,000 de Kg de estiércol de bovino diarios lo cual permite plantear una posibilidad de su utilización en la agricultura, de ahí la importancia de utilizar este desecho de la industria lechera en la producción de maíz forrajero reduciendo la utilización de productos químicos, costos de producción e índices de contaminación. Una manera muy eficiente y eficaz de eliminar los patógenos presentes en el estiércol y el suelo es utilizar la solarización, ya que con este método es posible obtener productos o sustratos inocuos, que pueden ser utilizados de manera segura en la producción de alimentos. En base a lo anterior el objetivo del presente estudio es lograr una tecnología de producción de manera orgánica para la región.

Materiales y Métodos

Localización geográfica

La Región Lagunera se localiza en la parte Centro-Norte del país. Esta se ubica entre los meridianos $102^{\circ} 22'$ y $104^{\circ} 47'$ longitud Oeste, y los paralelos $24^{\circ} 22'$ y $26^{\circ} 23'$ latitud Norte, su altura media sobre el nivel del mar es de 1,139 m. El experimento se realizó en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia, División de Estudios de Posgrado (CAE-FAZ-UJED), el cual se encuentra ubicado en el Km. 28 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Dgo., a inmediaciones del ejido Venecia, Mpio. de Gómez Palacio, Dgo.

Características ecológicas del sitio

En Comarca Lagunera, Aguirre (1981), reporta un clima seco desértico con lluvias en el verano e inviernos frescos. La precipitación pluvial es de 241.9 mm anuales y una temperatura media anual es de 21.5°C con rangos de 33.7 como máximo y 7.5 como mínimo. La evaporación anual media aproximadamente es de 2,396 mm y presenta una humedad relativa variada de acuerdo a la estación del año, con 31 % en Primavera, 47 % en Verano, 58 % en Otoño y 40 % en invierno (CNA, 1999).

Método de solarización del estiércol

Consiste en cubrir el estiércol con polietileno transparente de 100 micras de espesor y transparente el cual tiene la característica de almacenar calor y no dejar escapar la luz solar captada (albedo). La solarización se lleva a cabo durante un mínimo de 3 meses y la manera de conocer la eficiencia de la solarización es cuando el estiércol pierde por completo su olor, por otra parte se debe monitorear la temperatura en épocas donde la radiación solar es mínima para asegurar que la temperatura que alcanza la pila es la ideal para la solarización perfecta y para la eliminación de patógenos y semillas de malezas. El plástico que se utilizara tiene las siguientes características: Fabricado por la empresa Plastoza, S.A del Estado de México, cuya descripción es PLANAT 180 x 1000 / 100 (1.80 m de ancho, 1000 m de largo y 100 micras de grosor y transparente).

Espacio de exploración

Los factores en estudio serán el cultivo de maíz sin aplicación y con aplicación de micorrizas y estiércol bovino solarizado con tratamientos de 20 en 20 hasta 80 Mg ha^{-1} , tal y como se muestra a continuación:

Factor A: Cultivo A1 = sin micorrizas, A2 = con micorrizas

Factor B: Estiércol bovino solarizado B1 = 0 Mg ha^{-1} (testigo), B2 = 20 Mg ha^{-1} , B3 = 40 Mg ha^{-1} , B4 = 60 Mg ha^{-1} , B5 = 80 Mg ha^{-1} , B6 = F.Q. (200-150-00)

Establecimiento y conducción del experimento**Preparación del terreno**

Se realizaron labores de barbecho a 30 cm de profundidad, rastreo y nivelación y marcado de parcelas en campo, aplicación del estiércol e instalación y prueba del sistema de riego.

Aplicación de estiércol solarizado

La aplicación del estiércol se realizó un mes antes de la siembra. El estiércol que se utilizó fue estrictamente de bovino del establo de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED. El sistema de riego a utilizar es el de goteo subsuperficial (RGS); la cintilla de riego es de calibre 8 mill con emisores cada 30 cm y enterrada a una profundidad de 30 cm. y cuenta con las siguientes características: 1.- ID 16.15 mm = 0.636 in, 2.- W.T. 19 mm = 0.008 in, 3.- Flujo o presión 0.91 l/h, 4.- Espacios cada 0.3048 m, 5.- Longitud 2743 m, 6.- Marca netafim máxima presión 12 psi

Siembra y variedad

La siembra se efectuó en el ciclo primavera-verano en el mes de abril en 2013, con una densidad de población de 133 333.3 p ha⁻¹, se sembró la variedad San Lorenzo.

Fertilización

Para el tratamiento con fertilización química se utilizó Urea y MAP con una dosis de 200-150-00 de N-P y K respectivamente que es la dosis utilizada por los productores de la región lagunera en la producción de maíz forrajero.

Riegos

Se aplicaron de uno a 2 riegos por semana por un lapso de 4 a 6 horas

Variables a evaluar

Se evaluaron en planta altura, diámetro de tallo, rendimiento y en suelo materia orgánica y nitratos y ce para la interpretación de resultados se utilizó el paquete computacional Statistical Analysis System Ver. 4.0.1111.,

Resultados y discusión**Rendimiento**

En el rendimiento de forraje verde (Figura 1), el análisis de varianza mostro diferencia mínima significativa entre tratamientos encontrando el mayor rendimiento en la dosis de 80 Mg ha⁻¹ de estiércol con 88.1 Mg ha⁻¹ de forraje verde, seguido del tratamiento de 60 Mg ha⁻¹ de estiércol que reporto un rendimiento de 75.6 Mg ha⁻¹ de forraje verde, para el caso del tratamiento de 40 Mg ha⁻¹, supero a la fertilización química, el testigo reporto el valor mas bajo de producción con 41.5 Mg ha⁻¹ de forraje respectivamente. Martínez *et al* (2009), concluyen que en nopal forrajero se obtiene el mayor rendimiento en nopal con 100 Mg ha⁻¹ de estiércol con una producción de 74.3 Mg ha⁻¹ de forraje verde.

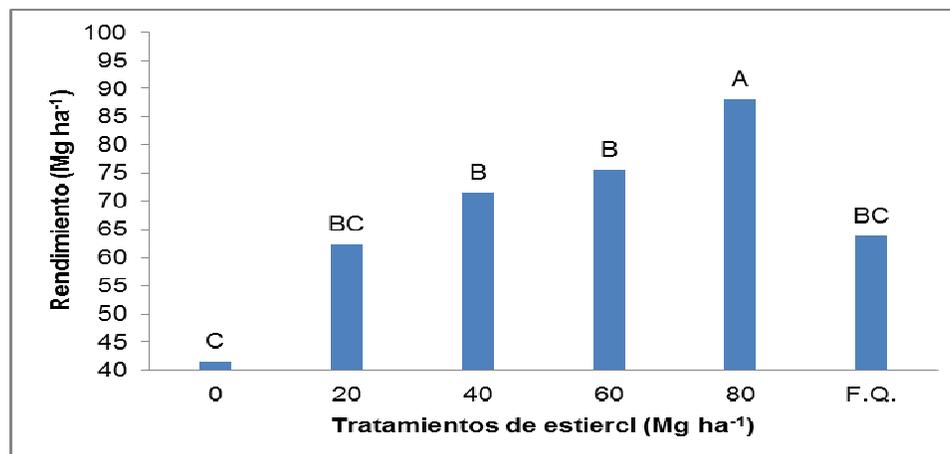


Figura 1.- Rendimiento de forraje verde 2013. CAE-FAZ-UJED.2013

Diámetro de tallo

Para esta variable se muestreo cada semana los diámetros de tallo donde se encontró según el análisis de varianza diferencia estadística en tres fechas de muestreo (Figura 2), correspondientes al mes de mayo, observando que en los tratamientos con 60 y 80 Mg ha⁻¹ de estiércol se encontraron los valores mas altos tanto en diámetro polar como en el diámetro ecuatorial.

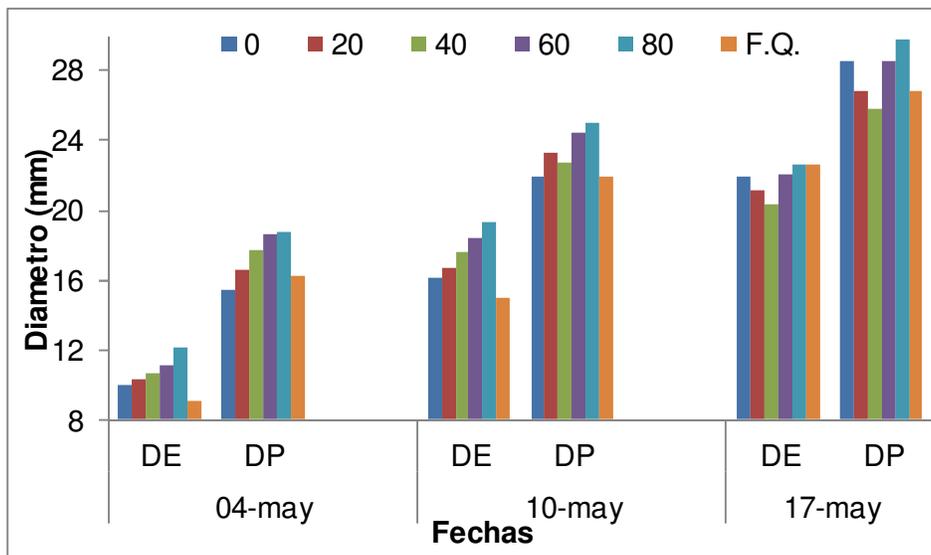


Figura 2.- Diámetros de tallo en 3 fechas de muestreo en 2013. CAE-FAZ-UJED-DEP. 2013.

Materia Organica del suelo

El análisis de varianza mostro una pr>F de 0.0002 (Figura 3), mostrando el mejor tratamiento en la dosis de 80 Mg ha⁻¹ de estiércol solarizado con un valor de 3.1 %, seguido de la dosis de 60 Mg ha⁻¹ de estiércol con 2.8 %, los tratamientos de 20 y 40 Mg ha⁻¹ mostraron un mayor contenido de materia organica que el testigo químico que reporto un valor de 1.3 % mientras que el testigo absoluto solo alcanzo un valor de 0.8% de mo. En el análisis de suelo inicial de encontró un valor de 1.3% de mo. López et al. (2001), menciona que la aplicación adecuada de abonos orgánicos a los suelos agrícolas aumenta la disposición y reciclaje de nutrientes así como también contribuye a la conservación del agua.

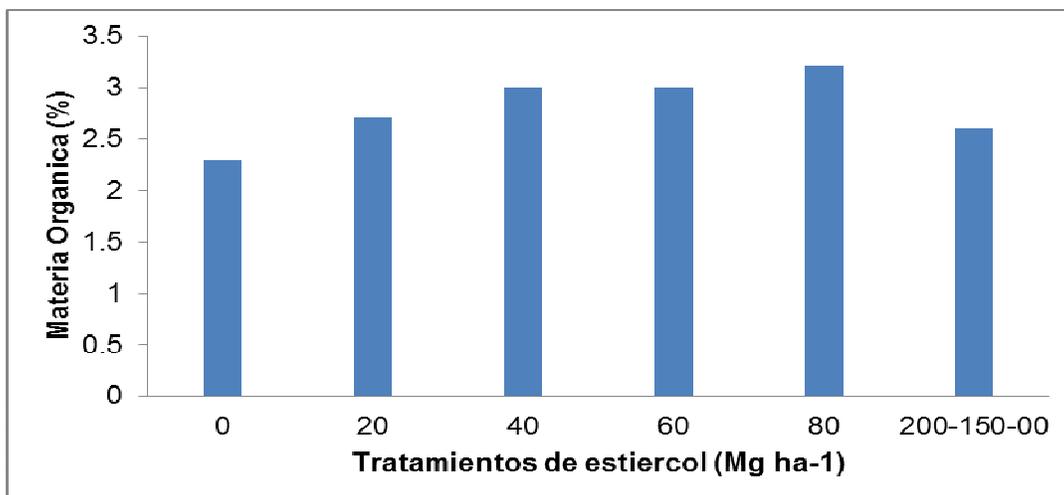


Figura 3.- Materia orgánica del suelo en 2013. CAE-FAZ-UJED-DEP.2013

Nitratos

Los resultados para NO_3 (Figura 4), muestran diferencias estadísticas en los tratamientos de estiércol bovino con $p > F$ de 0.0207, siendo el tratamiento de 80 t ha^{-1} de estiércol bovino el que presentó el valor más alto con 8.3 ppm, seguido del tratamiento de 60 t ha^{-1} que reportó 5.7 ppm, los tratamientos de 20, 40 y el fertilizante químico resultaron estadísticamente igual con valores de 2.1, 4.3 y 2.6 respectivamente, el testigo reportó 1.7 ppm. Los análisis de suelo inicial para nitratos reportaron 2.3 ppm, lo que coincide con Flores-Márquez (2009).

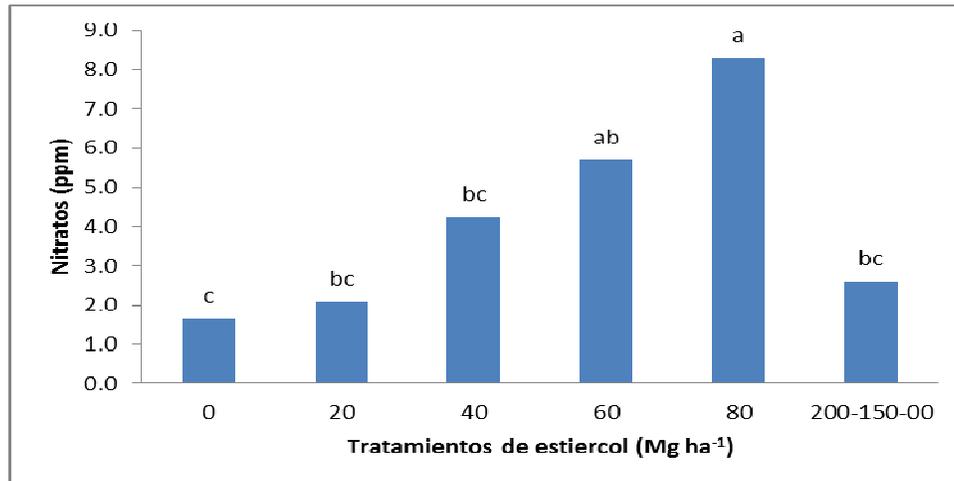


Figura 4.- nitratos del suelo en 2013. CAE-FAZ-UJED-DEP. 2013.

Conclusiones

Se comparó la fertilización química común en la región con diferentes dosis de estiércol solarizado (0, 20, 40, 60 y 80 Mg ha^{-1}); la mejor fue 80 Mg ha^{-1} , sin embargo las de 40 y 60 Mg ha^{-1} , superan a la fertilización química y al testigo que obtuvo la menor producción.

Bibliografía

- Comisión nacional del agua 1999. Problemática en la región administrativa cuencas centrales del norte. Gerencia en la región lagunera..
- Espinoza V. J. L., Palacios E. A., Ávila S. N., Guillén T. A., De Luna P de la R., Ortega P. R. y Murillo A. B. 2007. La ganadería orgánica, una alternativa de desarrollo pecuario para algunas regiones de México. Una revisión. INCI 32 (6): 385-390 in Agricultura Orgánica Tercera parte p.3.
- 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.
- Fortis M., Salazar E., Orona C. I., Leos R. J., Rodríguez R. C., Montemayor T. J., García S. J., Aldaco N. R. 2007. Capítulo I Estadísticas de la producción orgánica. Uso y aprovechamiento de abonos orgánicos e inocuidad. Impresos selectos ARAC. In Agricultura Orgánica tercera parte p.223.
- Flores-Márquez Juan P., Baltazar Corral-Díaz, Uriel Figueroa-Viramontes, Lizette Mauricio-Rivera y Viridiana Sotomayor-Villezas, 2009. Mineralización del nitrógeno orgánico en suelos agrícolas del Norte de México. 1er. Foro de resultados de investigación en torno a la revista Ciencia en la Frontera, UACJ.24 p.
- López M., J. D., A. Díaz E., E. Martínez R. y R. D. Valdez C. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. Terra 19: 293-299.
- Martínez López José Romualdo, Rigoberto E. Vásquez Alvarado, Erasmo Gutiérrez Órtales, Emilio Olivares Sáenz, Juan Antonio Vidales Contreras, Ricardo David Valdez Cepeda, María de los Ángeles Peña, Rubén López Cervantes. 2009, Calidad nutricional y rendimiento de nopal forrajero abonados orgánicamente, XXX Ciclo de Seminarios de Posgrado e Investigación, 25 y 26 de junio, Escobedo Nuevo León, México, p. 69-74.
- 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. CAE La Laguna. Torreón, Coah. Méx.

PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE TRES LEGUMINOSAS ORGÁNICAS, FRIJOL YORIMÓN, DOLICHUS NEGRO Y DOLICHUS CAFÉ, EN LA COMARCA LAGUNERA

Luna Ortega, J.G.^{1*}; García Hernández, J.L.¹; Guerrero Guerrero, C2; Ríos Plaza J.L.1; Preciado Rangel, P.4, González Torres, A.4, Troyo Diéguez, E.³

¹ Facultad de Agricultura y Zootecnia-Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Pal., Dgo. México.

² Academia de Investigación CETIS No 59 Torreón Coahuila, México

³ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. S.C. Mar Bermejo No.195 colonia Playa de Santa Rita.

⁴ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro U.L, Torreón Coahuila, México

*Autor responsable: Lupe_lunao@yahoo.com.mx, Calle A. Obregón Núm. 42 bis, Col. Montemayor, Fco I Madero, Coahuila. México. CP 27900; Tel. +52(871)-157-4875

Resumen

Con el objetivo de caracterizar, evaluar variables determinantes para forraje verde y de obtener funciones para producción de biomasa en estadio de prefloración, utilizando un método destructivo en tres genotipos de frijol orgánico, se realizó este trabajo en el campo 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. México. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones, la parcela experimental fue de 300 plantas, utilizando únicamente 10 plantas por parcela útil. En los análisis de varianza, los genotipos presentaron diferencias significativas al ($P \leq 0.05$), para peso de forraje verde y ($P \leq 0.01$) para peso de materia seca, altura de planta, peso de las hojas y área foliar. Con respecto a la interacción de dosis de fertilización por genotipo, el carácter área foliar, resulto con significancia al ($P \leq 0.05$), y la variable altura de planta resulto con alta significancia al ($P \leq 0.01$). En las medias, estas variaron desde 0.04 gramos de peso de las hojas hasta 12 290 Kg ha⁻¹ para peso de forraje verde. Los coeficientes de variación de los análisis de varianza son considerados desde 12.64 de altura de la planta hasta 21.50 del peso de las hojas. En la producción de forraje verde en el rendimiento promedio de forraje, para el cultivar Dolichus café, este fue superior a los demás con 18 145 kg ha⁻¹, siguiéndole el Dolichus negro con 9 555 kg ha⁻¹ y el Yorimón con 9170 kg ha⁻¹.

Palabras clave: Genotipos; forraje; caracteres

Introducción

El frijol orgánico presenta características para su adaptación a las condiciones de las zonas áridas, Murillo et al, (2001), (2002a), (2002b), (2002c), donde se diversifica su uso; entre ellos el control de malezas, Gutiérrez et al (1995), abono verde, especialmente como alternativa para productores orgánicos, ya que incorporado al suelo cuando aún está verde, mejora la fertilidad y calidad de éste. El chícharo de vaca en asociación con maíz funciona para ensilaje y con el pasto Sudán para henificarse, incrementando con ello los rendimientos de forraje fresco o seco, Pandey (1990). El heno de chícharo de vaca es un excelente pienso para el ganado; si se pica y humedece, es también adecuado para las aves de corral. Para las cerdas de vientre se obtienen buenos resultados mezclándolo con maíz molido Chase (1989), una de las características importantes que posee esta leguminosa, es la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico al suelo, evitando de esta forma la erosión del mismo, mejorando su estructura, aumentando su actividad biológica y disminuyendo la filtración y pérdida de nutrientes, Rosa et al, (1995), la cual es a través de la

simbiosis Rhizobium-leguminosa, aún cuando esta asociación puede estar influenciada por el tipo de cepa, el estado nutricional de la planta, así como el nivel de nutrientes en el suelo. La formación de nódulos (engrosamientos o hinchazones de las raíces de las leguminosas y algunas otras plantas habitadas por bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno) en la raíz de las plantas de frijol la respuesta es positiva a la eficiencia de la simbiosis entre las bacterias (cepa específica presente en el suelo o mediante una cepa específica inoculada) y las plantas. Sin embargo, no todas las cepas de Rhizobium son capaces de producir una fijación efectiva en todas las leguminosas y pueden mostrar diferentes habilidades para nodular; por lo que, mientras mayor sea la producción de nódulos a través de esta simbiosis, se hará un mayor uso del nitrógeno atmosférico presente en el suelo, y esto influirá en la producción de biomasa (materia verde y seca) y producción de grano. El área foliar y la producción de biomasa (materia verde y seca) son variables importantes en la evaluación del rendimiento de las plantas, de ahí la importancia de su determinación y del conocimiento de los factores que las afectan para la interpretación de los procesos de crecimiento y desarrollo de un cultivo Ascencio (1985). De acuerdo con lo anterior y en las condiciones de escasas de agua que existen en la Comarca Lagunera, México; se desarrolló el presente estudio con el objetivo de caracterizar, evaluar la producción forrajera de cultivares de frijol Yorimón, Dolichus negro y Dolichus café, en la etapa fenológica de prefloración, determinando la producción de biomasa vegetal o materia verde y seca. El presente trabajo se realizó de julio a octubre de 2011 en el campo experimental de la FAZ de la Universidad Juárez del Estado de Durango.

Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en el ciclo Primavera-Verano del 2011, en el campo 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. Tiene un clima seco semi-desértico con lluvias en verano e invierno frío, el promedio de precipitación pluvial es de 220 mm anuales. La temperatura media anual es de 21 °C y la evaporación anual es de 2000 mm. El período 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) son considerados los más fríos. Las variables a evaluar fueron: Peso de forraje verde (PFV), Peso de materia seca (PMS), Altura de planta (AP), Peso de las hojas (PH), Peso del tallo (PT), Numero de hojas de la planta (NHP), Área foliar (AF) y Peso de la planta verde (PPV). Los análisis estadísticos se realizaron con el programa (SAS, 2001).

Material genético evaluado

Los genotipos de frijol son: 1.- yorimón 2.- dolichus negro 3.- dolichus café

Manejo agronómico

La siembra se realizó en julio de forma manual en surcos de 70 cm de ancho y 5 m de largo, con 10 cm de distancia entre plantas para una población de 123 000 plantas ha⁻¹, depositando la semilla en la parte superior del surco a profundidad de 4 cm, previo a la siembra se realizó barbecho, rastreo y nivelación del terreno, implementándose el riego por goteo con agua de calidad (buena calidad). Para mantener el cultivo libre de malezas, se realizaron deshierbes manuales periódicamente y con respecto al control de plagas y enfermedades, no se presentaron daños significativos durante el cultivo por lo cual no se realizó ningún tipo de aplicación para el control de éstas. Los muestreos y/o cosecha de forraje en los genotipos se realizaron durante los meses de agosto y septiembre.

Variables cuantificadas

Se midieron variables componentes del rendimiento en forraje verde y fueron las siguientes; altura de planta (AP), Peso de materia seca (PMS), Peso de forraje verde (PFV), Peso de las hojas (PH), Peso del tallo (PT), Numero de las hojas de la planta (NHP), Área foliar (AF) y Peso de la planta verde (PPV). Se consideraron el promedio de 10 plantas en la etapa de floración (50 %) por cada cultivar en cada bloque. El peso de de las muestras se obtuvo con una balanza eléctrica de precisión (Marca AND, modelo HF-6000G con capacidad de espacio 6100 g). La determinación de las

variables que caracterizan a cada uno de los cultivares utilizados en el presente estudio se realizó mediante análisis estadístico.

Diseño experimental y análisis estadístico

El experimento se estableció bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con dos repeticiones, donde las unidades experimentales estuvieron representadas por seis surcos de 5 m de largo y 70 cm de ancho. Para medir los principales componente de rendimiento de forraje verde y el resto de los caracteres de cada uno de los cultivares en los seis surcos de la parcela experimental, se consideraron los tres surcos centrales, a los cuales se les eliminó 100 cm de cada extremo, para un total de 3 m de longitud de cada surco, con una superficie como parcela útil de 12 m². Se realizó un análisis de varianza y en los factores que resultaron con significancia estadística, se realizaron las comparaciones de medias respectivamente utilizando la prueba de LSD ($P \leq 0.05$). Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete (SAS, 2001).

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para ocho variables agronómicas en tres cultivares de frijol orgánico para forraje FAZ-UJED 2011.

FV	GL	PFV	PMS	AP	PH	PT	NHP	AF	PPV
G	3	154486950*	56.35**	4862.5**	.0022**	.001	.49	1825227**	.001
F	2	40266450	1.04	101.58	.0003	.000	.56	103077	.005
R	1	52020000	0.00	4.34	.0000	.001	.20	215876	.000
F*G	3	23452125	11.19	65.56**	.0001	.000	.58	44941*	.006
R*G	3	36528450	3.90	54.12	.0001	.000	.35	284227	.013
R*F	2	59945550	7.40	35.67	.000	.000	.76	26965	.009
ERROR	3	51561975	19.81	302.12	.000	.000	230.48	116060	.007
MEDIA		12290	14.84	68.62	.040	.041	75.06	1355	.103
C.V.(%)		18.12	15.99	12.64	21.50	14.6	20.22	17.61	20.12

PFV=producción de forraje verde, PMS=peso de materia seca, AP=altura de la planta, PH=peso de las hojas, PT= peso del tallo, NHP=numero de hojas por planta, AF=área foliar y PPV=peso de la planta verde.

Cuadro 2. Rendimiento promedio en tres cultivares de frijol orgánico para forraje en los principales componentes del rendimiento FAZ-UJED 2011

GENOTIPO	PFV Kg ha ⁻¹	PMS %	AP cm	PH g	PT g	NHP	AF cm ²	PPV g
YORIMON	9170B	13.99A	35.77 B	0.02 B	0.03 A	75.80 A	779.3C	0.11 A
DOLICHUS NEGRO	9555B	18.24A	86.06 A	0.02 B	0.03 A	69.06 A	1409.6B	0.08 A
DOLICHUS CAFE	18145A	12.26A	84.03 A	0.06 A	0.05 A	80.33 A	1878.5 A	0.11 A

Resultados y Discusión

El ANVA (cuadro 1) mostró diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre los diferentes genotipos de frijol orgánico, para los caracteres del rendimiento de forraje o biomasa, peso de forraje verde, peso de materia seca, altura de planta, peso de las hojas y área foliar, en el resto de los caracteres no hubo significación, encontrando resultados similares a los de otros investigadores en las variables de rendimiento de forraje verde (Ávila et al, 2005), que muestran la variabilidad presentada entre los cultivares en las diferentes características determinantes de biomasa. Para la interacción de los genotipos con las diferentes dosis de estiércol, en el carácter altura de planta, mostro diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), mostrando el efecto diferente de cada dosis de estiércol sobre cada uno de los cultivares evaluados y la variable área foliar resulto con significancia al ($P \leq 0.05$), manifestando el efecto que el fertilizante orgánico tuvo sobre el incremento en el área o en el número de hojas de la planta, en el resto de los caracteres evaluados para la misma interacción no hubo significancia, donde queda de manifiesto el mismo efecto de las diferentes dosis de estiércol aplicadas en los diferentes genotipos. Las medias de los caracteres evaluados variaron, desde la más alta que fue para peso de forraje verde con 12 290 kg, hasta la menor que fue para el peso de las hojas con 0.04 kg. Los coeficientes de variación fueron desde 21.5 % de peso de las hojas de la planta (PH) a 12.64 % para altura de la planta (AP), lo que muestra que estuvieron dentro de los

rangos aceptables y la confiabilidad de la conducción del experimento. En cuanto a la producción de biomasa (cuadro 2), para el rendimiento de forraje verde, el genotipo Dolichus café obtuvo el mayor valor con 18 145.0 kg ha⁻¹, le siguió el genotipo Dolichus negro con 9 555.0 kg ha⁻¹, y el tercer lugar resulto el Yorimon con 9 170 kg ha. Para la variable peso de materia seca donde todos los genotipos estadísticamente resultaron con la misma significancia obtuvieron los siguientes valores, Dolichus negro resulto con 18.24 kg ha⁻¹, el Yorimon con 13.99 kg ha y el Dolichus café con 12.26 kg ha⁻¹. Para la altura de la planta Dolichus negro y Dolichus café estadísticamente resultaron iguales con 86.06 y 84.03 cm respectivamente, siguiendo el Yorimon con 35.77 cm, esta característica explica el habito de crecimiento de los cultivares y la importante contribución en la diversidad genética existente entre los cultivares de frijol (Borah *et al*, 2001). Para el peso de las hojas, Dolichus café resulto con el promedio más alto 0.06 kg ha⁻¹ siguiendo Dolichus café y Yorimon con 0.02 Kg ha⁻¹. Para peso del tallo los genotipos fueron estadísticamente similares; Dolichus café produjo 0.05 Kg ha⁻¹ y los otros dos 0.03 Kg ha⁻¹. En el carácter número de hojas de la planta el genotipo Dolichus café obtuvo 80.33, siguiéndole el Yorimon con 75.80 y en tercer lugar el Dolichus negro con 69.06. En la variable área foliar, el genotipo Dolichus café obtuvo el mayor valor con 1 878.5 cm², le siguió Dolichus negro con valor de 1 409.6 cm² y el tercer lugar fue para Yorimon con 779.3 cm², lo que indica que el Dolichus café tuvo mayor número de hojas pero de menor tamaño y que el Dolichus negro tuvo menor número de hojas pero de mayor tamaño, o un numero intermedio en ambos, resultados similares encontraron (Ávila *et al*, 2005) en frijol Yorimon. En PPV todos los genotipos fueron estadísticamente similares, con valores de 0.11 kg ha⁻¹ para Dolichus café y Yorimon, y 0.08 kg ha⁻¹ para Dolichus negro.

Conclusiones

Según el ANVA, los genotipos evaluados resultaron con alta significancia para las variables PFV, PMS, AP, PH y AF. Para la interacción genotipo por dosis de estiércol solo las variables AP y AF tuvieron significancia. El genotipo Dolichus café fue el que obtuvo los valores medios más altos en todos los componentes del rendimiento PFV, PH, PT, NHP, AF y PPV, excepto para PMS y AP, se necesita seguir evaluando este genotipo para conocer más su capacidad de producción forrajera y poder recomendarlo a algunos agricultores de la región por sus altos rendimientos.

Bibliografía

- Ascencio J. Determinación del área foliar en plantas de carotas batata (*Ipomoea batatas* (L.) Poir) utilizando dimensiones lineales y de peso seco de las hojas. Turrialba 1985; 35(1):55-64.
- Ávila-Serrano NY, Murillo-Amador B, Palacios-Espinosa A, Troyo-Diéguez E, García-Hernández JL, Larrinaga-Mayoral JA, Mellado-Bosque M. Caracterización y obtención de funciones para producción de biomasa en cinco cultivares de frijol yorimon: i. Método destructivo. Técnica Pecuaria en México. 2005; (43):pp. 449-458.
- Bora HK, Khan AKF. Genetic divergence in fodder cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Madrás Agric J* 2001; 88 (10/12):625-628.
- Gutiérrez W, Medrano C, Gómez A, Urrutia E, Urdaneta M, Esparza D, Báez J, Villalobos Y, Medina B. Efecto del control de malezas en dos genotipos del cultivo del frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) bajo siembra planicie de Maracaibo, Venezuela. *Rev Fac Agron (LUZ)*; 1995; 16:597-609.
- Murillo-Amador B, López-Aguilar R, Kaya C, Larrinaga-M., JA, Flores-Hernández A. Comparative effects of NaCl and polyethyleneglicol on germination, emergence and seedling growth of cowpea. *J Agron Crop Sci* 2002;(188):235-247.
- Murillo-Amador B, Troyo-D. E, García-Hernández JL, Larrinaga-M. JA, Nieto-G. A, López-C. A. Efecto de la salinidad en genotipos de chícharo de vaca (*Vigna unguiculata* L. Walp.) durante la etapa de plántula. *Agrochim* 2002; XLVI(1-2):73-86.
- Murillo-Amador B, Troyo-Diéguez E, López-Aguilar R, López- Cortés A, Tinoco-Ojanguren CL, Jones HG, Kaya C. Matching physiological traits and ion concentrations associated with salt stress in cowpea genotypes. *Austral J Agric Res*
- Murillo-Amador B, Troyo-Diéguez E, López-Cortés A, Jones HG, Ayala-Chairez, F, Tinoco-Ojanguren CL. Salt tolerance of cowpea genotypes in the emergence stage. *Australian J Exper Agric* 2001 ;(41):1-8.
- Pandey RK. Guía del agricultor para el cultivo del chícharo de vaca en arrozales. México, DF: Ed. Limusa; 1990.
- Rosa R, Clavero T, Pérez JJ, González L, Giurdanela J. Efecto de la Fertilización con N y P sobre la nodulación de 2 ecotipos de *Leucaena leucocephala*. *Rev Fac Agron (LUZ)* 1995;(12):187-192.
- SAS. 2001. SAS/STAT User's Guide. Release 8.1. SAS. Inst. Inc., Cary, NC, USA.

PRODUCCION DE MELON EN SUSTRATOS ORGANICOS

Martínez Morrellano, E.1; Preciado Rangel, P.2*; Fortis Hernández, M.2; Segura Castruita, M. A.2; Orozco Vidal, J. A.2; Sánchez Hernández, D. J.2

¹Estudiante Licenciatura, Instituto Tecnológico de Torreón

²Profesor Investigador, Instituto Tecnológico de Torreón

*Autor responsable: zeucito_mtz90@hotmail.com
Carretera Torreón-San Pedro Km 7.5, Torreón, Coahuila.

Resumen

El objetivo del presente trabajo consistió en evaluar mezclas de vermicompost:arena sobre el rendimiento y calidad de los frutos de melón en invernadero, para lo cual se prepararon cuatro mezclas de estos materiales (15:85, 30:70, 45:55 y 60:40, v:v). Los resultados obtenidos confirman que el vermicompost posee características que permiten lograr una buena producción y calidad nutraceutica en frutos de melón, ya que afecto positivamente las variables evaluadas (peso de fruto, diámetro polar, ecuatorial, grosor de pulpa, relaciones altas de vermicompost: arena presentan una alta concentración de sales solubles en la solución que rodea las raíces, lo anterior se vio reflejado en la obtención de menores rendimientos ya que la alta concentración salina que rodeaba la rizósfera, inhiben la absorción de nutrientes y agua por las raíces del cultivo, sin embargo la salinidad moderada incrementa la calidad nutrimental. En general los mayores valores en estos parámetros correspondieron a la mezcla vermicompost:arena de 45:55.

Palabras clave: Calidad nutraceutica; producción orgánica; *Cucumis melo* L.

Introducción

El manejo nutricional adecuado es indispensable en la obtención de calidad y alto rendimiento de fruto, ya que las deficiencias nutricionales son capaces de reducir en 50 % el rendimiento y en 70 % la calidad del fruto de melón (Tapia *et al.*, 2010); por el contrario la utilización de grandes dosis de fertilizantes especialmente los nitrogenados con la premisa de obtener mayores rendimientos puede provocar impactos negativos al medio ambiente (Gallardo *et al.*, 2009); por otro lado la Comarca Lagunera es una región agrícola y ganadera más importantes de la república mexicana; es un ejemplo a nivel Nacional por su alta productividad y desarrollo, caracterizada por ser una de las principales cuencas lecheras de México con más de 500.000 cabezas de ganado bovino las cuales producen de 1×10^6 Mg año⁻¹, base seca de estiércol estimada (Figueroa *et al.*, 2009), este subproducto es aplicado en lotes cercanos a las unidades de producción, causando salinización, emisión de gases de efecto invernadero, partículas suspendidas en la atmosfera por el acarreo del aire, debido a estos problemas es necesario la utilización de técnicas agronómicas que disminuyan el impacto ambiental provocado por las anteriores prácticas. Una alternativa muy prometedora para minimizar estos problemas es la producción del vermicompost ya que es un sistema ecológicamente seguro para el manejo del estiércol (Atiyeh *et al.*, 2000), ya que la transformación de estos desechos permite obtener materia orgánica estabilizada, inocua y sin sustancias fitotóxicas apta para ser utilizada como sustrato en cultivo sin suelo, además una vez terminada su vida útil puede ser incorporado al suelo; también permite disminuir los costos de la fertilización, ya que satisface los requerimientos nutrimentales de los cultivos (Moreno *et al.*, 2005), sin embargo es necesario realizar mezclas de materiales orgánicos e inorgánicos para mejorar sus

características físicas, químicas y biológicas y superar el rendimiento de las plantas cultivadas en material solo o puro (Márquez *et al.*, 2008), la arena es un material presente en la región y comúnmente utilizado en cultivos sin suelo, debido a que el uso de los sustratos comerciales actualmente presentan limitaciones medioambientales por ser recursos no renovables y los altos precios de comercialización (Urrestarazu *et al.*, 2005; Marta *et al.*, 2005). Bajo esta perspectiva, el objetivo del presente trabajo fue evaluar efecto de cuatro mezclas de vermicompost:arena sobre la producción del cultivo de melón desarrollado en invernadero.

Materiales y métodos

El estudio fue establecido bajo condiciones de invernadero semicircular con cubierta de acrílico y con un sistema de enfriamiento automático. Se sembraron manualmente semillas de melón Crusier, en el centro de bolsas de polietileno negro calibre 500 tipo vivero de 20 L, las cuales fueron utilizadas como macetas, mismas que fueron colocadas en doble hilera en tresbolillo, y una distancia de 30 cm entre plantas, las macetas contenían como sustrato los diferentes tratamientos (mezclas de vermicompost y arena de río). La arena de río utilizada en las mezclas fue lavada y desinfectada con hipoclorito de sodio al 5%, las mezclas utilizadas presentaron las siguientes relaciones en volumen de vermicompost:arena: 15:85, 30:70, 45:55 y 60:40, las plantas fueron podadas a un tallo y posteriormente fueron tutoradas con rafia, sujetando uno de los extremos en la base del tallo y el otro a un alambre que se aseguró a la estructura metálica del invernadero, la polinización fue realizada por abejas las cuales fueron introducidas al invernadero durante la aparición de las flores hermafroditas, durante el crecimiento inicial de los frutos (3-5 cm de largo), se tomaron peciolos de hojas maduras para medir el *in situ* el ECP, con un ionómetro de nitratos Horiba, en esas mismas hojas se tomaron lecturas con el SPAD-502.

La cosecha se realizó cuando los frutos se desprendía del pedúnculo de la planta; las variables evaluadas fueron peso del fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, grosor de la pulpa, firmeza del fruto y sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix), para medir la firmeza del fruto, se utilizó un penetrómetro Exttech modelo FHT 200, la determinación del contenido de sólidos solubles totales se realizó utilizando un refractómetro manual, modelo Ata-go N-1E, tipo 0–32%.

El diseño experimental utilizado para evaluar el efecto de los tratamientos, con diez repeticiones, fue completamente al azar. Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente utilizando un análisis de varianza y para la comparación de las medias de tratamientos se aplicó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05\%$).

Resultados y discusiones

Los resultados obtenidos confirman que el vermicompost posee características que permiten lograr una buena producción de melón, ya que de acuerdo con Atiyeh *et al.*, (2002), el vermicompost es un abono que presenta un gran potencial como componente de los medios que utilicen sustrato en los sistemas de producción de cultivos sin suelo. Las variables evaluadas en los frutos de melón presentaron diferencia significativa (Cuadro 1); los valores mayores correspondieron a la mezcla V:A 45:55 (Cuadro 1).

Atiyeh *et al.*, (2000), afirman que pequeñas cantidades de vermicompost, mezcladas con sustratos estándares y sustratos de alta calidad, mejoran en forma significativa, el desarrollo de las plantas; lo anterior no sucedió en el presente trabajo ya que el melón presenta mayores requerimientos nutrimentales y las proporciones de vermicompost en el medio de crecimiento no podían satisfacer dicha demanda, por lo cual las plantas presentaron un menor rendimiento y frutos de menor tamaño (Budistuti *et al.*, 2012). Lo anterior se comprueba al observar el Cuadro 1, en donde los valores de N-NO₃ y SPAD son bajos e inclusive los valores de nitratos están por debajo de lo recomendado para esa etapa fenológica (800 y 100 mg L⁻¹) (Hochmuth, 1994), ya que la clorofila está estrechamente relacionada con el nitrógeno y este a su vez con el peso y tamaño de los frutos (Rodríguez *et al.*,

2005), aunque el cultivo no mostro síntomas aparentes de deficiencias de nitrógeno, con estos resultados se fortalecen el enfoque de la producción orgánica, pues se promueve el reciclado de los residuos orgánicos, a través del proceso de vermicomposteo, y potencialmente se reduce el empleo de recursos naturales no renovables, utilizados para la preparación de los fertilizantes sintéticos (Moreno *et al.*, 2005) .

Cuadro 1. Peso de fruto (PF), diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE), grosor de pulpa (GP) y sólidos solubles totales (°Brix), en frutos de melón en función de las diferentes mezclas vermicompost:arena (V:A).

V:A	PF Kg	DP ----- cm -----	DE ----- cm -----	GP ----- mm -----	DC mm	Resist	N-NO ₃	SPAD
15:85	0.773 b	11 b	9 b	2.6 b	61 ab	3.92 b	250 c	29.0 c
30:70	0.871 ab	12 ab	10 ab	2.7 ab	60 ab	3.38 b	560 bc	31.8 c
45:55	1.06 a	13 a	11 a	2.9 ab	51 b	4.21 b	700 bc	40.3 b
60:40	0.99 ab	12 a	10 ab	3.1 a	64 a	5.68 a	750 a	48.8 a

† Valores con letras iguales dentro de cada columna son similares estadísticamente (Tukey $P \leq 0.05$).

La disminución del rendimiento y del tamaño de los frutos probablemente también sea debido a la alta conductividad eléctrica del sustrato (Atiyeh *et al.*, 2000), ya que la salinidad disminuye la absorción de agua y de nutrimentos, afectando el metabolismo de la planta, restringiendo la absorción de agua y nutrientes (Armenta, 2001), además de que la salinidad afecta negativamente el número y peso de los frutos y consecuentemente el rendimiento (Goykovic y Savedra, 2007), la disminución en el tamaño de los frutos se debe a que la salinidad provoca una menor absorción de agua en los frutos (Plaut *et al.*, 2004).

Conclusiones

El vermicompost posee características que permiten lograr una aceptable producción de melón, el contenido de nutrientes del vermicompost limito el rendimiento del cultivo. La mezcla de vermicompost:arena, (45:55), logro el mayor rendimiento y cantidad de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en los frutos del cultivo de melón desarrollado en invernadero.

Agradecimientos

Al PROMEP a través del Cuerpo Académico “Manejo Sustentable de los Recursos Agronómicos” por el financiamiento del presente trabajo.

Bibliografía

- Armenta BD, Baca CG, Alcántar GG, Kohashi SJ, Valenzuela UG, Martínez GA. 2001. Relaciones de nitratos y potasio en fertirriego sobre la producción, calidad y absorción nutrimental de tomate. *Revista Chapingo Serie horticultura* 7:61-75.
- Atiyeh, R. M., N. Arancon, C. A. Edwards, and J. D. Metzger. 2000. Influence of earthworm processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresour. Technol.* 75: 175-180.
- Atiyeh, R. M., S. Lee, C. A., Edwards, N. Q. Arancon, and J. D. Metzger. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology* 84: 7-14.
- Budiastuti, S., Purnomo, D., Djoko ST., Linayanti D., Victorianus P. 2012. The Enhancement of Melon Fruit Quality by Application of the Fertilizer and Gibberellin. *Journal of Agricultural Science and Technology* 2: 455-460.
- Figuroa-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. FAZ-UJED. SMCS. Gómez Palacio, Durango, México.

- Gallardo M, Thompson RB, Rodríguez JS, Rodríguez F, Fernández MD, Sánchez JA, Magán JJ. 2009. Simulation of transpiration, drainage, N uptake, nitrate leaching, and N ptake concentration in tomato grown in open substrate. *Agric. Water Manag.* 96: 1773-1784.
- Goykovic-Cortés, V. y G. Saavedra-del Real. 2007. Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *IDESIA (Chile)* 25: 47-58.
- Hochmuth, G. J. 1994. Efficiency ranges for nitrate-nitrogen and potassium for vegetable petiole sap quick tests. *HortTechnology*, 4.; 218-222.
- Marta, B, Marta, M, Alberto, D, & Roberto, M 2005. 'Use of pruning waste compost as a component in soil less growing media', *Bioresource Technology*, 96: 597-603.
- Moreno Reséndez, A., & Valdés Perezgasga, M. T. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. *Agricultura Técnica*, 65(1), 26-34.
- Márquez, H. C., R. P. Cano, y D. N. Rodríguez (2008). Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate de invernadero. *Agric. Téc. Méx.* 34(1): 69-74.
- Plaut Z, Grava A, Yehezkel Ch, Matan E. 2004. How do salinity and water stress affect transport of water assimilates and ions to tomato fruits?. *Physiol. Plant.* 122: 429-442.
- Rodríguez, J. C., Shaw, N. L., Cantliffe, D. J., & Karchi, Z. 2005. Nitrogen fertilization scheduling of hydroponically grown 'Galia'muskmelon. In *Proc. Fla. State Hort. Soc* 118: 106-112.
- Tapia-Vargas, L. M., Rico-Ponce, H. R., Larios-Guzmán, A., Vidales-Fernández, I., & Pedraza-Santos, M. E. 2010. Manejo nutrimental en relación con la calidad de fruto y estado nutricional del melón cantaloupe. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 16(1), 49-55
- Urrestarazu, M, Martínez, G, & Salas, M. 2005. 'Almond shell waste: possible local rockwool substitute in soil less crop culture, *Scientia Horticulture*, 103(4): 453-460.

PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* L.) CON SUSTRATOS DE ESTIÉRCOL BOVINO BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS

González Betancourt, M. L.1; Fortis Hernández M.1; Preciado Rangel P.1; Segura Castruita M. A.1; Orozco Vidal J. A1; Pérez Vélazquez A.1; Urbina Martínez M. A.2; Esparza Rivera J. R.3

¹Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón Coahuila. México.

²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón Coahuila. México.

³Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Ciencias Químicas. Gómez Palacio, Durango. México.

* Autor responsable: lulu_trc14@hotmail.com; Circuito de la Montaña Núm 2, Col. Joyas del Bosque, Torreón, Coahuila, CP 27087, México.; +52 871 233 68 92. PROYECTO FINANCIADO DGEST 2013 Clave: 5169.13-P.

Resumen

El objetivo del trabajo fue evaluar la producción de tomate en diferentes sustratos orgánicos bajo condiciones de invernadero en el Instituto Tecnológico de Torreón (ITT). Se evaluaron seis tratamientos con cinco repeticiones en un diseño experimental completamente al azar. Las unidades experimentales fueron 30 macetas de polietileno. Los sustratos fueron: T1=Arena+vermicompost (80:20); T2=Arena+compost mineralizado (90:10), T3=Arena+ perlita (80:20) Solución Steiner, T4=Arena+suelo + Vermicompost (80:5:15), T5=Arena+Estiércol solarizado (85:15) y T6=Arena+suelo+estiércol solarizado (80:5:15). Las variables evaluadas fueron: altura de planta, diámetro de tallo, clorofila en hojas, rendimiento. En suelo se evaluó materia orgánica (MO), potencial de hidrógeno (pH) y conductividad eléctrica (CE). Los resultados muestran diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para pH, CE, rendimiento, clorofila en hojas (unidades SPAD), altura de planta, espesor de pulpa y diámetro de fruto. El mayor rendimiento se obtuvo en el sustrato de arena + vermi + suelo. El rendimiento de tomate fue mayor con la Solución Steiner (8.75 kgm^{-2}), sin embargo, la mezcla de arena más tierra y vermicompost obtuvo rendimientos estadísticamente iguales (8.034 kgm^{-2}). El sustrato de estiércol solarizado obtuvo un rendimiento de 5.9 kgm^{-2} , siendo estadísticamente igual al de vermicompost con 5.2 kg . Los resultados obtenidos fortalecen el enfoque de que es posible producir orgánicamente en la Comarca Lagunera utilizando sustratos tratados provenientes de la actividad pecuaria, a través del proceso de vermicomposteo y solarización de estiércol. Ambos procesos potencialmente podrían reducir el empleo de recursos naturales no renovables y propiciar una agricultura orgánica en la producción de cultivos hortícolas.

Palabras clave: *Lycopersicon esculentum* L; vermicompost; solarización; invernadero

Introducción

Una de las principales corrientes de la agricultura sustentable es la agricultura orgánica, la cual está basada en el uso de productos naturales no contaminantes como las compost, la utilización de productos autorizados para el control de los organismos dañinos y el uso abundante mano de obra. Dicha agricultura representa una completa inocuidad alimentaria. La FAO (2001), define a la agricultura orgánica como un método agrícola en el que no se utilizan fertilizantes ni plaguicidas sintéticos. En México y Estados Unidos, las normas coinciden a lo establecido por la FAO, con la peculiaridad de las especificaciones propias de cada país, en el caso de nuestro país están contenidas en las Normas NOM-037 FITO (1995) y NOP (2004). Desde el punto de vista económico, el tomate es la especie hortícola más importante del país debido al valor de su producción y a la demanda de mano de obra que genera. Además, es el principal producto hortícola de exportación. La producción de tomate en invernadero ha llamado la atención, esto se debe a la percepción de que

los tomates de invernaderos son o pueden ser más rentables que los cultivos agronómicos producidos en campo (Rodríguez *et al.*, 2008). El cultivo de tomate requiere de ciertas condiciones y medios para llevarse a cabo y lograr el aumento de la producción. Unos de los principales factores que determinan el éxito son los sustratos o medios de crecimiento; la caracterización de las propiedades físicas y químicas de los sustratos o medios de crecimiento es importante para su potencial productivo de las plantas en el cual se desarrollan las raíces en donde estas tienen gran influencia en el crecimiento y desarrollo. La Comarca Lagunera es una región agrícola y ganadera, la más importante de la República Mexicana; es un ejemplo a nivel nacional por su alta productividad y desarrollo. Sin embargo, anualmente se producen cerca de un millón de toneladas de estiércol bovino que se aplica de forma directa a los suelos agrícolas, sin tratamiento previo y ocasionando serios problemas de contaminación (Serrato *et al.*, 2002 y Fortis *et al.*, 2009). Este residuo podría ser utilizado en la producción hortícola en sistemas protegidos como sustrato orgánico. Esto permitiría bajar la intensidad de contaminación por el mal uso y manejo del estiércol y se lograría satisfacer las necesidades del productor y demanda de la sociedad de consumir productos sanos e inocuos. Los objetivos del trabajo fueron: evaluar el efecto de cinco sustratos orgánicos y solución Steiner sobre la producción del cultivo de tomate bajo el sistema de producción en invernadero. Además, evaluar parámetros fenológicos del cultivo de tomate tales como: altura de planta, rendimiento, desarrollo radicular, espesor de pulpa, diámetro de tallo, conductividad eléctrica (C.E), potencial de hidrogeno (pH) y materia orgánica (M.O).

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en invernadero en el ciclo agrícola (otoño-invierno) en el Instituto Tecnológico de Torreón (ITT), ubicado en el km. 7.5 de la antigua Carretera Torreón – San Pedro, Municipio de Torreón, Coahuila. Ubicado geográficamente en las coordenadas 26° 30'15" Latitud norte y 103° 22'07" longitud Oeste con una altura sobre el nivel del mar de 1 150 m. Las mezclas del sustrato orgánico se realizaron en base a volumen (v: v). El sustrato testigo fue elaborado con arena y perlita (80:20) al cual se le aplicó solución nutritiva. La arena fue esterilizada con ácido sulfúrico al 10 % y cloro. Este proceso consistió en colocar en un contenedor de plástico de 200 L la arena, el agua clorada y ácido, dejándose reposar todo un día para su esterilización y eliminación de impurezas.

Las características de los contenedores o macetas fueron bolsas de polietileno de 10 kg de capacidad. Dichos contenedores fueron preparados en base a volumen (v:v) con diferentes proporciones de los abonos orgánicos lo que generó los siguientes tratamientos: T1: Arena+ vermicompost (80:20), T2: Arena+ compost mineralizada (90:10), T3: Arena+ perlita (80:20) Solución Steiner, T4: Arena+ suelo+ Vermicompost (80:5:15), T5: Arena+ estiércol solarizado (80:20), T6: Arena+ suelo + estiércol solarizado (80:5:15). Los factores de estudio fueron la evaluación de cinco sustratos de origen orgánico y un testigo con solución nutritiva Steiner. El cultivo fue tomate saladette de la variedad Sahel. Las macetas se instalaron a doble hilera, con 30 cm entre plantas, con una densidad de población de 4 plantas por m². La separación entre hileras fue de 0.90 m.

El diseño experimental bajo el que se desarrolló el trabajo fue completamente al azar; considerando seis tratamientos con cinco repeticiones, dando un total de 30 unidades experimentales o macetas. Los análisis de ANOVA y pruebas de Separación de Medias fueron realizados en el paquete estadístico SAS (Ver. 9.01). Fueron utilizados los procedimientos de ANOVA y para la comparación de medias la prueba fue Duncan al 5% de significancia ($P \leq 0.05$).

Las variables evaluadas fueron: Altura de planta, diámetro de tallo, contenido de clorofila en hojas: Este fue medido con un Minolta SPAD-502 para conocer el contenido de clorofila. Espesor de pericarpio del fruto, diámetro polar y diámetro ecuatorial del fruto, volumen de raíz, peso fresco y peso seco de la raíz. Rendimiento (g planta⁻¹; kg m⁻²), potencial hidrogeno (pH) y conductividad eléctrica (CE).

Resultados y Discusión

Altura de planta

Los resultados del análisis de varianza mostraron diferencias significativas para la variable altura de planta en tres fechas de muestreo. Esto significa que los sustratos evaluados influyeron en el comportamiento de esta variable. Se muestran estos resultados realizados por la prueba de separación de medias por el método de Duncan ($P \leq 0.05$).

Se observa que en los tratamientos orgánicos la altura de planta a los 60 y 90 días fue mayor (91.13 cm) en el sustrato de arena, tierra y vermicompost. El tratamiento de arena + tierra + estiércol solarizado presentó la menor altura de planta (48.38 cm), siendo menor en un 53 % respecto a la mayor altura registrada. De igual manera el tratamiento con Solución Steiner obtuvo una altura de 80.75 cm, siendo estadísticamente igual a los demás tratamientos. Los tratamientos (Tierra+ Vermi, S. Steiner y Vermicompost) que promovieron la mayor altura conllevan al aumento en número de hojas y por tanto mayor contenido de clorofila. Márquez y Cano 2005 reportan una altura máxima de 202.86 cm al evaluar el genotipo FA1325 a los 80 días.

Respecto a la altura de planta Atiyeh *et al.* (2000) destacan que los vermicompost favorecen el desarrollo de los cultivos en invernaderos cuando estos se utilizan como sustratos de crecimiento, y que las diferencias detectadas en las variables, como altura de planta, se deben a su contenido de elementos nutritivos y a la naturaleza de sus comunidades microbianas. Por lo que se infiere que las necesidades nutritivas del cultivo fueron satisfechas con las diferentes mezclas empleadas en el presente estudio, lo cual se vio reflejado en esta variable. La dinámica de crecimiento longitudinal de las plantas de tomate en las diferentes mezclas se ajustó a modelos de regresión. El ajuste lineal para los tratamientos T3, T4 y T6, resultó ser aceptable ya que la R^2 fluctuó entre los valores de 0.9216 y 0.9999.

Contenido relativo de clorofila

Los resultados mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) respecto al contenido relativo de clorofila en cuatro fechas de muestreo. El tratamiento con solución Steiner mostró los valores más altos de unidades SPAD en todas las fechas de muestreo, con valores de 48.6, 55.4, 57.87 y 60.6 a los 30, 60, 75 y 90 ddt. De los sustratos orgánicos el que mayor valor reportó de unidades SPAD fue el tratamiento con estiércol solarizado presentando valores de 46.18, 50.60, 50 y 44.67 a los 30, 60, 75 y 90 ddt. Los demás tratamientos mostraron una tendencia descendente conforme pasaron los días. Se observa que los valores más bajos de esta variable se obtuvieron en las plantas a los 30 días después del trasplante y a los 90 días. Los valores más altos entre los 60 y 75 días. Si se toma en cuenta que la lectura con el SPAD-502 se hace en las hojas, los resultados obtenidos corresponden a lo reportado por Wilcox (1994) que indica que conforme transcurren los días después del trasplante y se desarrolla la planta de tomate, el contenido de nitrógeno en las hojas disminuye para incrementarse en la planta completa y en el fruto.

Cruz *et al.* (2010), usando solución Steiner (100 %) encontró en hojas de tomate valores de SPAD a los 40 ddt de 57.33 y de 53.80 a los 70 ddt. En sustratos de tezontle más vermicompost 45.33 y de 37.75 a los 40 y 70 ddt, respectivamente.

Por lo tanto, se puede decir que la presencia de los abonos orgánicos en el medio de crecimiento del cultivo coadyuvo en el incremento de la concentración de N en la hoja. Y en el caso de la solución Steiner altas cantidades de N en estudios diversos se ha relacionado con incremento en la fotosíntesis (Siddiqui *et al.*, 2010).

Peso del fruto

Para realizar el análisis de varianza de esta variable se consideró el peso de los frutos de los primeros cinco racimos. Se encontró que hubo diferencias significativas entre tratamientos en esta variable, con esta información se procedió a realizar una prueba de comparación de medias Duncan ($P \leq 0.05$) buscando detectar los sustratos con comportamiento sobresaliente en los peso del fruto (Figura 2).

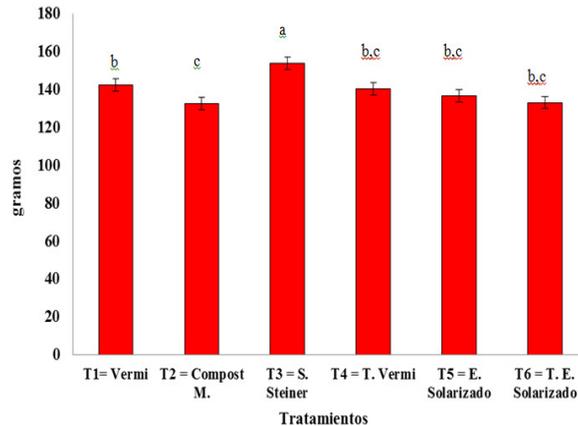


Figura 2. Comportamiento del peso del fruto en el cultivo de tomate producido con sustratos orgánicos en invernadero.

El tratamiento testigo de solución Steiner registró el mayor peso de fruto con 153.80 g, mientras que el tratamiento de vermicompost obtuvo un peso de 142.275 g, seguido de la mezcla de tierra más vermicompost con un peso de 140 g. La mezcla de sustrato con el menor peso fue la de compost mineralizada. Rodríguez *et al.*, (2008), reportan para la combinación de los sustratos S3 (Solución Steiner) y S1 (Vermicompost de estiércol bovino 1:1 v:v) con el híbrido “Big Beef” el mayor peso de fruto con 214 g y 209 g, respectivamente. Para la variedad “Miramar” reportan peso de fruto de 147 g.

Rendimiento por planta y kg m⁻²

El rendimiento por planta (m⁻²), así como, el rendimiento económico del cultivo de tomate es resultado de la combinación entre el número de frutos cosechados por unidad de área y sus tamaños individuales. Regalado (2002), menciona que el tamaño potencial del fruto está definido por el número de células del ovario fijado en pre-antesis, mientras que su tamaño real es consecuencia de la elongación celular durante el período de crecimiento rápido.

El análisis de varianza señala que el rendimiento de fruto fue modificado por efecto del sustrato. En la prueba de comparación de medias para rendimiento total (kg m⁻²), se encontraron diferencias estadísticas significativas (Duncan $P \leq 0.05$) entre tratamientos, destacándose como era de esperarse el tratamiento con solución Steiner con 2.18 kg planta⁻¹ y 8.75 kg m⁻². El tratamiento de tierra con vermicompost fue el mejor tratamiento producido con un sustrato orgánico con un rendimiento de 2.08 y 8.03 kg planta⁻¹ y kg m⁻², respectivamente (Figura 3).

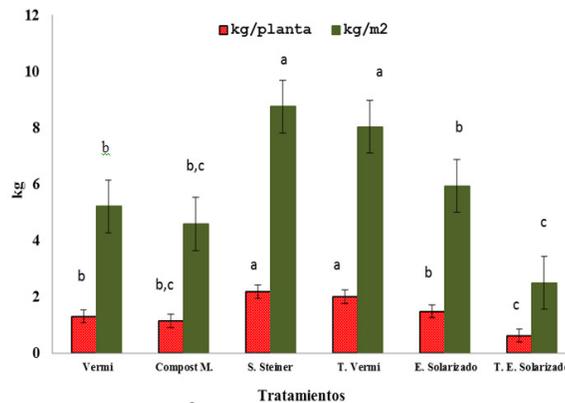


Figura 3. Rendimiento por planta (g planta⁻²) y por metro cuadrado (gramos m⁻²) en el cultivo de tomate producido con sustratos orgánicos en invernadero.

Es importante señalar que los datos kg m^{-2} son equivalente a 4 plantas por metro cuadrado. En experimentos con macetas Preciado *et al.*, (2011) y Fortis *et al.*, (2009) reportan rendimientos en tomate y pimiento morrón considerando cuatro macetas por metro cuadrado. Los resultados reportados en esta investigación se pueden comparar con los obtenidos por Zarate (2002:2007) quien reporta $5.83 \text{ kg planta}^{-1}$ y 35 kg m^{-2} ; Ortiz (2004) reporta $8.2 \text{ kg planta}^{-1}$ y 17.2 kg m^{-2} . El contenido de nutrimentos de la vermicomposta utilizada puede satisfacer las necesidades nutrimentales del con los diferentes porcentajes de vermicompost que se empleó en este trabajo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis químico de los sustratos evaluados. Torreón, Coah. 2012.

	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.

De acuerdo con datos del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de Estados Unidos (NRCS, 1999) y Castilla y Hernández (2003), una cosecha de tomate extrae 3 kg de nitrógeno por tonelada de fruto en fresco; en el presente estudio se supuso una extracción similar, de modo que se extrajo el equivalente a 6.56 g por planta, para un rendimiento de 2.18 kg de tomate por planta en el tratamiento de solución Steiner. Para el caso del tratamiento orgánico de tierra más vermicompost los datos fueron $6.02 \text{ g planta}^{-1}$ y $2.01 \text{ kg planta}^{-1}$, respectivamente. En la solución nutritiva utilizada se aportó un total de 21.5 g de N por maceta en el ciclo, con un volumen de riego promedio de 1.46 L día^{-1} por maceta.

Potencial de hidrogeno y Conductividad electrica de lixiviados

Al aplicar ANVA para pH se encontró diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$) en dos fechas de muestreo (45 y 110 ddt). Al hacer la comparación de medias utilizando Duncan ($P \geq 0.05$), el comportamiento de pH (a los 45 ddt) fue mayor en el sustrato vermicompost y estiércol solarizado con 9.4 y 9.34, respectivamente. Al termino del experimento se volvieron a tomar lecturas de los lixiviados en cada sustrato mostrando una clara tendencia a disminuir los valores de pH. El sustrato de vermicompost presento un valor de 7.61 y estiércol solarizado de 7.63. Cruz *et al.*, (2009), mencionan que se han encontrado en varias especies de cultivos que los incrementos en el pH promueven la absorción de NH_4^+ mientras que una reducción favorece la absorción de NO_3^- .

Conductividad eléctrica (C.E). Reportes recientes han señalado que el uso de composta o te de composta incrementa la salinidad y no se alcanzan los rendimientos obtenidos con solución nutritiva (Figuroa *et al.*, 2001; Nieto *et al.*, 2010). En este trabajo la CE a los 45 ddt presentó valores que oscilaron entre 2.24 y 1.48 dS m^{-1} . Al final del ciclo lo valores se incrementaron en los sustratos orgánicos; obteniéndose 2.7 dS m^{-1} en vermicompost y 4.11 en la mezcla de tierra más estiércol.

Conclusiones

El rendimiento de tomate fue mayor con la utilización de la solución Steiner (8.75 kg m^{-2}), sin embargo, la mezcla de arena más tierra y vermicompost obtuvo rendimientos estadísticamente iguales (8.034 kg m^{-2}). La utilización de vermicompost en el medio de crecimiento permite reducir la fertilización química hasta en un 50% sin afectar el rendimiento del cultivo de tomate. Lo cual se considera una mejora en lo que se refiere a fertilización y sustratos en los sistemas de producción convencional bajo invernadero. Estos resultados demostraron que la producción de tomate en sustratos orgánicos bajo invernadero y con las mezclas de sustrato previamente señaladas, resulta

atractiva, ya que se produjeron rendimientos aceptables de tomate. Los resultados obtenidos fortalecen el enfoque de la producción orgánica en la Comarca Lagunera, ya que promueve el reciclado del principal residuo orgánico generado en la agroindustria pecuaria (estiércol), a través del proceso de vermicomposteo y solarización del estiércol. Ambos procesos potencialmente podrían reducir el empleo de recursos naturales no renovables en la producción hortícola.

Bibliografía

- Castilla, N. y J. Hernández. 2003. Mejora del nivel tecnológico de los Invernaderos Mediterráneos en España. Departamento de Ingeniería Rural. P.21-26.
- Cruz Lázaro E., Osorio OR, Martínez ME, Lozano RAJ, Gómez VA, Sánchez HR. 2009. Uso de compostas y vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero. *Interciencia* 35: 363-368.
- Cruz-Lázaro, E de la.; Osorio-Osorio, R.; Martínez- Moreno, E.; Lozano del Río, A.; Gómez-Vázquez, A. y Sánchez-Hernández, R. 2010. Uso de compostas y vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero. *Interciencia*. 35:363-368.
- Castellanos, J. Z. 2004. Manejo de la fertirrigación en suelo. pp. 103-123. *En: Manual de producción hortícola en invernadero*.
- Castellanos Z, R. J. J. Muñoz (eds.). 2a ed. Editorial Intagri. INCAPA. Celaya, Guanajuato, México.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2001. Los mercados mundiales de frutas y verduras orgánicas. Roma, Italia.
- Figueroa V.U., Faz C.R., Quiroga G.H.M. y Cueto J.A. 2001. Optimización del uso de estiércol bovino en cultivos forrajeros y riesgos de contaminación por nitratos. Informe de investigación. CAE La Laguna. CIRNOC-INIFAP. 4 pág.
- Figueroa V.U. 2002. Uso sustentable del estiércol en sistemas forrajeros bajo riego. *Revista Unión Ganadera. Unión Ganadera Regional de la Laguna. Vol. 38:11-12.*
- Fortis H., M., J. A. Leos R., I. Orona C., J. L. García H., E. Salazar S., P. Preciado R., J. A. Orozco V. y M. A. Segura C. 2009. Uso de estiércol en la Comarca Lagunera. Pp. 104-127. *In: Libro de Agricultura Orgánica. I. Orona C., E. Salazar S., M. Fortis H., H.I. Trejo E., y C. Vázquez V. (eds.). FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango. México.*
- Márquez H C., P. Cano R. 2004. Producción de tomate orgánico bajo invernadero *In: 2do.Simposium Internacional de producción de cultivo en invernadero. C. Leal Ch. J A G Garza (eds). Facultad de Agronomía, UANL. pp: 1-11.*
- Márquez HC, Cano P. 2005. Producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Actas Portug. de Hortíc. 5: 219-224.*
- 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. Cap. 4. Pp: 69 -82. *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. ISBN: 978-607-00-3411-4. 432 págs.*
- Norma Oficial Mexicana NOM-037-FITO-1995, por la que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos. *Diario Oficial de la Federación.* México, DF, 14 de marzo, 1997.
- NRCS (Natural Resource Conservation Service). 1999. *Agricultural waste management field handbook.* USDA, Washington, DC, USA.
- Ortiz. G. 2004. Comparación de la producción de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en hidroponía y suelo bajo invernadero en Miahuatlan, Puebla Tesis profesional Departamento de fitotecnia Universidad Autónoma de Chapingo, México. 70 p.
- Preciado R. P.; Fortis M.; Garcia-Hernandez. J.L. 2011. Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia* 36: 689-693.
- Regalado O. M del C., 2002. Valoración de características morfológicas y anatómicas de 10 cultivares de jitomate en hidroponía bajo invernadero. Universidad de Chapingo, México. 161 p.
- Rodríguez-Guzmán M.P., Garcia R., Teliz D., Salazar G. 1992. Ecología de la enfermedad "tristeza del aguacatero" bajo manejo experimental del cultivo del aguacate en la región de Atlixco, Puebla, México. *Agrociencia serie Protección vegetal* 3:115-135.
- Rodríguez, D.N., Cano RP, FigueroaVU, Palomo GA, Favela ChE, Álvarez RVP, Márquez HC, Moreno RA. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Rev. Fitotec. Méx.* 31: 265-272
- Serrato S., R., A. Ortiz A., J. D. López y S. Berúmen P. 2002. Aplicación de lavado y estiércol para recuperar suelos salinos en la Comarca Lagunera, México. *Terra* 20: 329-336.
- Siddiqui, M.H., F. Mohammadd, MN. Khan, M.H. Al-Whaibi, and A.H.A. Bahkali. 2010. Nitrogen in relation to photosynthetic capacity and accumulation of osmoprotectant and nutrients in Brassica genotypes grown under salt stress. *Agric. Sci. China* 9:671-680.
- Steiner, A.A. 1968. Soilles culture. pp. 324-341. *In: Proceedings of the 6th Colloquium of the International Potash Institute. Florence, Italy.*
- Zárate, L., T. 2002. Características de los sustratos. Tesis de Lic. U.A.A.A.N. Unidad Laguna. Torreón, Coah., México. 63p.
- Zarate.B. 2007. Production de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) Hidroponico con sustratos. Bajo invernadero, tesis de maestría. C.I.D.I.R. Oaxaca, Mexico.

APLICACIÓN DE COMPOSTAS CON ALTA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, SU INCORPORACIÓN AL SUELO Y EFECTO EN PLÁNTULAS DE ALBAHACA (*OCIMUM BASILICUM* L.)

Gutiérrez Galicia, L. A.1; Nieto Garibay, A.2*; Murillo Amador, B.2; López Aguilar, R. D.2; Troyo Diéguez, E.2.

¹Instituto Tecnológico de La Paz. La Paz, Baja California Sur. México

²Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. La Paz, Baja California Sur. México.

*Autor responsable: anieto04@cibnor.mx; Calle Instituto Politécnico Nacional Núm. 195, Col. Playa Palo de Sta. Rita, La Paz, Baja California Sur. País. CP 23096; Tel. +52(612)-1238448

Resumen

La composta es el fertilizante más utilizado para la producción orgánica en el mundo, sin embargo, puede presentar graves problemas en el contenido de sodio que se refleja en valores altos de conductividad eléctrica (CE). Si dichos valores están por arriba de lo que marca la normatividad nacional e internacional (≤ 4 dS/m), las compostas no son aceptadas para su uso en la agricultura orgánica. En el presente trabajo se realizaron determinaciones físico-químicas de algunas compostas con altos valores de CE. Se estableció un experimento utilizando la composta con más alta CE y disponibilidad en cantidad, un total de cinco tratamientos incluyeron diferentes dosis de yeso orgánico para ser aplicados al suelo y conocer su efecto en plantas de albahaca: composta, composta+20% de yeso, composta+40% de yeso, yeso sólo, suelo sólo. Los resultados de laboratorio mostraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en todas las variables físico-químicas y nutrientes, la CE se incrementó por la incorporación del Yeso por la presencia de carbonatos, sin embargo, el Sodio disminuyó significativamente en las mezclas composta+40% de yeso. Aunque no se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos se observó una tendencia de mayor producción de biomasa fresca con los tratamientos de composta y composta+yeso al 20%.

Palabras clave: Salinidad; residuos orgánicos; agricultura orgánica

Introducción

La demanda de abonos es cada vez mayor debido al incremento en su uso dentro de la agricultura sustentable, convencional y orgánica. En el caso de ésta última se vuelven uno de los fertilizantes naturales más importantes para lograr la sustentabilidad del suelo (Nieto-Garibay *et al.*, 2002a). De manera específica la composta, es un fertilizante o abono fundamental de la agricultura orgánica y sus exigencias de certificación, debido a los beneficios físico-químicos y biológicos que aporta al suelo (Nieto-Garibay *et al.*, 2002b; Moreno, 2008). Los residuos orgánicos utilizados para la obtención de compostas en zonas costeras y zonas áridas son principalmente residuos orgánicos con altas cantidades de sales debido a su origen marino, tal es el caso de las macroalgas y residuos de procesamiento de peces, bivalvos y otros organismos (Aguilera *et al.*, 2005). Otro de los residuos ampliamente utilizados son los estiércoles de ganado estabulado que presentan la misma problemática de sales. Si bien la composta representa por un lado un fertilizante natural demandado en un alto grado, por otro lado, una opción para dar cauce a la problemática del manejo de basura orgánica con el fin de disminuir el volumen de la misma, el alto contenido de sales provoca que el producto obtenido no cubra con la normatividad nacional e internacional exigida para su uso en la agricultura orgánica (Tiquia, 2000; Varnero, 2007). Por otro lado, el cultivo más importante dentro de la agricultura orgánica en Baja California Sur es la albahaca, del cual entran importantes divisas al

estado, aunado a lo anterior el estudio de la composta en la producción de este cultivo cobra una importancia enorme tanto para la optimización de este fertilizante natural como para conocer su efecto en este tipo de plantas. La mayor parte de estudios científicos y técnicos han abordado principalmente temas como la creación de nuevas tecnologías para la elaboración de composta, la contaminación de la misma por metales pesados, los efectos benéficos en suelos y cultivos, sin embargo son pocos los trabajos que se han realizado para el manejo de los residuos orgánicos y compostas con altos contenidos de sales. Por otro lado, el yeso ha sido uno de los mejoradores más utilizados en problemáticas de suelos salinos y su uso junto con la composta promete buenos resultados (López-Aguilar *et al* 2012). Bajo este contexto el presente trabajo pretende contribuir en el estudio del mejoramiento de compostas con problemas de salinidad generando conocimiento acerca de la incorporación de yeso en la composta, los cambios que se puedan presentar y su efecto en el desarrollo de plántulas.

Materiales y Métodos

Sitio de estudio

El experimento se realizó en las instalaciones del Campo Experimental del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S. C. (CIBNOR) ubicado en la Cd. de La Paz, Baja California Sur (BCS). El suelo de la parcela experimental se caracteriza por ser un suelo muy pobre en materia orgánica (< 0.1%) y de textura franco-arenosa. La parcela experimental contó con una malla sombra con una apertura del 50%.

Análisis de laboratorio

Se analizaron un total de cinco compostas cuyos materiales predominantes fueron 1.- Estiércol (E), 2.- Residuos Orgánicos Domésticos (ROD), 3.- Macroalgas del género *Ulva* (MA) 4.- Lombricomposta Comercial (LC), 5.- Guanos de Aves (GA). Las primeras 5 compostas fueran elaboradas en el CIBNOR y la quinta fue una lombricomposta comercial. A las compostas se les determinaron el pH, conductividad eléctrica (C.E.), sólidos totales disueltos (STD), materia orgánica (M.O.), Calcio (Ca), magnesio (Mg), fósforo (P), potasio (K), carbonatos (HCO_3), nitritos (N-NO_2), nitratos (N-NO_3), amonio (N-NH_4), nitrógeno total (NT), Metales Pesados: Cobre (Cu), Níquel (Ni), Zinc (Zn), Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn). Una vez que se seleccionó la composta a mejorar con yeso y se prepararon los tratamientos, se realizaron análisis en laboratorio anteriormente mencionados a excepción de los metales pesados.

Preparación de tratamientos y diseño experimental

A la composta seleccionada con alta CE se le incorporó yeso orgánico en diferentes proporciones, lo cual se realizó con base en el peso total de la composta a utilizar. De tal manera que los tratamientos quedaron en las siguientes proporciones:

(1) composta 80%+20% de yeso, (2) composta 60%+40% de yeso, incluyendo los controles de (3) composta 100% (sin yeso), (4) yeso sin composta, (5) suelo sin composta y sin yeso. Para evaluar el efecto de estos tratamientos en plántulas de albahaca, se incorporaron los tratamientos de composta y yeso en la parcela experimental bajo un diseño experimental de un factor con un arreglo completamente al azar con 3 repeticiones. Las plantas se germinaron en un sustrato inerte comercial (Sun shine 3mix) en charolas de plástico en donde recibieron riego una vez por semana, una fertilización con lixiviado de lombriz por única vez. Una vez que presentaron un tamaño aproximado de 10 cm fueron trasplantadas en la parcela experimental con los tratamientos de composta y yeso previamente incorporados al suelo. Las evaluaciones iniciaron permitiendo una aclimatación lo cual fue 20 días posteriores al trasplante.

Variables de respuesta de las plántulas

Se extrajeron plantas de cada tratamiento a las cuales se les evaluó el número de hojas, área foliar, se midió la altura total, peso fresco de tallo y hojas, de los cuales se obtuvo el peso seco después de haber sido sometidas a una temperatura de 60°C por 24 horas en un horno de flujo laminar.

Resultados y Discusión

Es importante mencionar que a nivel nacional no existe una normatividad específica en la producción de composta, sin embargo, existe una normatividad para producción de lombricomposta NMX-FF-109-SCFI-2008. Esta normatividad se originó mediante la consulta de normas internacionales para el lombricompostaje y compostaje (Brinton, 2000) por lo que es adecuado utilizarlo para comparar los resultados obtenidos en este trabajo. La composta de menor calidad de acuerdo a los estándares presentados en la normatividad mexicana e internacional, que establecen como valor máximo de CE 4 dS/m ninguna de las compostas analizadas cumple con esta normatividad (Cuadro 1). Estos resultados se explican probablemente a que los residuos orgánicos que se utilizan en la región son principalmente aquellos que quedan del procesamiento de organismos marinos (macroalgas, residuos de moluscos, crustáceos, bivalvos) y que por sí mismos cuentan ya con un alto contenido de sales. Por otro lado, los estiércoles representan los residuos orgánicos más utilizados en el compostaje en la región, provienen de ganado estabulado que por la constante carga de orines que reciben antes de ser procesados, se salinizan, sobre todo aquellos que tienen un mayor tiempo de acumulación. La composta comercial (LC), presentó el valor más alto de CE, sin embargo, no se eligió para su mejora debido a la insuficiencia en cantidad para su uso experimental. Por lo anterior, se seleccionó la composta elaborada en el CIBNOR a base de macroalgas con valor de CE siguiente al de la composta comercial, además de representar una alternativa de manejo de macroalgas varadas en la región causantes de diversos problemas de contaminación. De acuerdo a los estándares de CE de las certificadoras de agricultura orgánica, toda composta que exceda dichos estándares queda prohibida para su uso agrícola. Para mejorar la composta se utilizó el yeso agrícola, mismo que es usado para la mejora de suelos con problemas de salinidad (Viator *et. al.*, 2002; Herrero *et.al.*, 2009). Comparando los valores de dicha normatividad con los obtenidos en este trabajo podemos mencionar que las compostas presentaron valores de Materia orgánica (MO), pH y Nitrógeno (N) dentro de los establecidos en una lombricomposta de calidad según la normatividad mexicana (NMX-FF-109-SCFI-2008). Como no existe una normatividad que especifique los valores estándares de Fósforo (P) en composta, se consultó la guía internacional elaborada por Brinton (2000) la cual fue usada como base para la elaboración de la (NMX-FF-109-SCFI-2007). En compostas utilizadas en macetas. El valor recomendado de fósforo en dicho documento se establece entre 800–2500 mg/l, de acuerdo a los resultados obtenido de las compostas cuatro de ellas se encuentran dentro de este intervalo y sólo la GA se encuentra por debajo de estos valores. De acuerdo a los resultados obtenidos por Farrell y Jones (2009), quienes han trabajado con estándares de diferentes nutrientes en compostas, los valores de Nitratos (NH_3) obtenidos en los análisis de las primeras cuatro compostas, están dentro los valores típicos de una compostas de residuos municipales (122 mg/kg), mientras que el resultado obtenido de Nitratos (NH_3) para la composta de GA, está por encima de este. Por otro lado, los valores presentados en Nitritos (NH_2), las primeras cinco compostas muestran un valor cercano al expresado por (Farrel y Jones, 2009) (32 mg/kg), mientras que la composta de Guanos, está por encima de este valor. En base a resultados obtenidos por Sañudo *et al.* (2009) donde realiza un análisis de sustrato a base de composta, los resultados de Calcio (Ca) de este trabajo, están por debajo del que presenta el autor en su trabajo (1144.08 mg/kg), mientras que los análisis de Magnesio (Mg) están por encima de lo que se presenta en su trabajo (333.55 mg/kg). Es importante cuidar los niveles de magnesio en el suelo, el que pueda haber demasiado magnesio puede ser resultado de una carencia inducida de Potasio (K). Tampoco fue posible encontrar una normatividad para el valor de Bicarbonatos (HCO_3) totales permitidos, así que los valores fueron comparados con los que se presentan en el trabajo de (García *et al*, 2010) en dónde realiza un experimento sobre el cultivo de petunia, se realiza una mezcla de Suelo + 80% de composta y obtiene un valor muy por debajo (508.21 mg/kg) del que se obtuvo en los análisis de este trabajo. No fue posible relacionar los análisis de Sodio (Na) y Potasio (K) con una normatividad, pero se basó en el trabajo realizado por De Luna *et al.* (2009) en dónde obtuvo valores de Sodio muy por debajo de 22.98 mg/kg en comparación con los que se obtuvieron en el análisis aquí realizado.

Mientras que en los análisis de potasio presentó una muy elevada cantidad (10 320 mg/kg) con respecto a los obtenidos en este estudio (Cuadro 1). El llevar un control de la cantidad de potasio es muy importante, ya que un exceso de K reduce la disponibilidad del magnesio, esto ocurre por antagonismos entre ambos nutrientes, mientras que un exceso de sodio (Na) produce deficiencia de Ca y Mg. En cuanto al contenido de metales pesados, las compostas presentaron valores por debajo de los límites máximos establecidos en las normas nacionales e internacionales (NMX-FF-109-SCFI-2008; Brinton, 2000) (Cuadro 2): Esto constituye un dato importante que indica la posibilidad de contaminación de ésta índole en el uso de materiales regionales con fines de producción de abono o fertilizante es muy baja.

Cuadro 1. Resultados de las variables físico-químicas de las compostas utilizadas por productores agrícolas de BCS.

Composta	pH	C.E.	STD mg/L	M.O.	Ca	Mg	P
	1:5*	dS m	1:5	%	mg kg	mg kg	mg kg
E	7.63	5.96	3104	32.9	5511.0	3342.9	1640.6
MA	7.74	9.75	5310	17.2	4509.0	4862.4	898.4
ROD	7.91	4.56	2390	26.0	4008.0	2431.2	833.3
LC	7.96	14.35	8030	20.5	3507.0	3646.8	533.9
GA	7.70	5.78	3070	29.1	10020.0	4558.5	234.4
	HCO ₃	N-NO ₃	N-NO ₂	N-Total	K	Na	
	g kg	mg kg	mg kg	%	mg kg	mg kg	
E	64.1	<0.2	24.9	2.23	5336.65	922.63	
MA	58.0	0.9	1.7	1.25	7603.25	2034.28	
ROD	76.3	<0.2	2.4	1.765	4171.8	1268.44	
LC	45.8	<0.2	16.3	0.9595	8303.67	5817.49	
GA	12.2	2791.1	41.5	1.705	437.84	1932.89	

Estiércol (E), Residuos Orgánicos Domésticos (ROD), Macroalgas del género Ulva (MA), Lombricomposta Comercial (LC), Guanos de Aves (GA), CE = conductividad eléctrica, STD = sólidos totales disueltos, MO= Materia orgánica, Ca= Calcio, Mg=magnesio, P= fósforo, HCO₃= bicarbonatos, NO₃= nitratos, NO₂=nitritos, N= nitrato total, K= potasio, P= fósforo.

Cuadro 2. Resultados de la determinación de metales pesados en las diferentes expresados en mg Kg.

	Cu	Ni	Zn	Pb	Cd	Fe	Mn
E	0.466	0.088	0.57	0.185	0.023	1.555	ND
MA	0.34	0.498	0.344	0.387	0.109	2.662	0.422
ROD	0.859	0.081	0.784	0.023	0.008	2.688	1.067
LC	0.83	0.654	0.835	0.701	0.111	15.089	0.726
GA	0.391	0.623	0.394	0.428	0.074	6.882	1.263

Estiércol (E), Residuos Orgánicos Domésticos (ROD), Macroalgas del género Ulva (MA), Lombricomposta Comercial (LC), Guanos de Aves (GA), Cobre (Cu), Níquel (Ni), Zinc (Zn), Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn)

Para determinar la mejor dosis de yeso en la composta para su mejora se realizaron dos mezclas de composta y yeso, una composta conteniendo 20% y la otra 40% de yeso del peso total de producto preparado. El Cuadro 3 muestra los resultados que se obtuvieron de los análisis realizados en laboratorio de las diferentes variables físico-químicas y nutrimentales de las combinaciones y los materiales sin combinar. Se observan diferencias estadísticas entre tratamientos para las variables analizadas. De acuerdo a estas diferencias, la aplicación de yeso en la composta ocasionó un cambio en el pH reduciéndolo significativamente, sin embargo, elevó la CE, lo cual se puede deber al incremento del contenido de HCO₃ como se muestra (Cuadro 3). Contrario a lo que se esperaría de una incremento en Ca, Mg, P y Na, como posible causa de una CE alta, estos elementos decrecieron cuando se incorporó yeso a la composta. De manera particular y para la mejora de una composta con alto contenido en Na, el yeso parece ser una alternativa ya que lo disminuye conforme se incrementa el porcentaje del mismo. La magnitud del efecto positivo del yeso en la composta se observa cuando se compara la cantidad de Na de la composta sola con el tratamiento de composta con 40% de yeso (Cuadro 3). El Mg y P disminuyen en los tratamientos de composta con yeso independientemente del porcentaje de yeso que se adicione. El contenido de N respondió a la incorporación de yeso a la composta, posiblemente porque se encuentra en forma de N-NO₃.

Cuadro 3. Promedios de la prueba de grupos homogéneos de Fisher LSD ($P < 0.05$) de las variables físico-químicas determinadas en laboratorio de las mezclas de composta con yeso, yeso y composta.

Tratamiento	pH	C.E. dS m	STD	M.O. %	Ca mg kg	Mg mg kg	P mg kg
Composta	7.74a*	9.75c	5310c	17.2ab	4509 ^a	4862a	898.4a
Composta + Yeso 20%	7.26b	11.02b	6053b	15.4b	4141b	1215c	211b
Composta + Yeso 40%	7.29b	12.63a	7003a	17.2a	4409a	1701c	181b
Suelo + Yeso	6.96c	2.8d	1436d	0.72c	1229c	158c	2.13c
Yeso	6.63d	2.5d	1317d	0.17c	1292c	158c	0.35b

	HCO ₃ mg kg	N-NO ₃ mg kg	N-NO ₂ mg kg	Nitrógeno %	K mg kg	Na mg kg
Composta	58b	0.9ab	1.7b	1.25a	7603a	2144ab
Composta + Yeso 20%	17492a	0.2b	201a	0.8b	10009a	2295a
Composta + Yeso 40%	14645a	0.2b	172a	0.85b	8586a	1844b
Suelo + Yeso	390b	0.533ab	0.56b	0.05c	290b	251bc
Yeso	130b	1a	0.1b	0c	27b	69b

*Literales distintitas muestran diferencias significativas por columnas ($P < 0.05$)

Con el fin de conocer el efecto de los tratamientos con composta, suelo y yeso en plantas, se evaluó la producción de biomasa seca y fresca en tallo y hojas de plántulas de albahaca. No se detectaron diferencias estadísticamente significativas en análisis de varianza unifactorial (Cuadro 4). Sin embargo, es interesante observar que existe una tendencia de incremento en el área foliar y número de hojas de las plántulas en los tratamientos de composta y composta con yeso al 20%, esto se traduce en un peso fresco mayor en ambos tratamientos. Lo anterior es muy importante debido a que la forma en que se comercializa la albahaca es en fresco. Desde el punto de vista de respuesta fisiológica de la misma a los tratamientos, si la condición edáfica del sustrato en donde se desarrolla la planta es mejor, la fisiología de la planta también mejora y por lo tanto su producción de biomasa se incrementa (Cuadro 4). Es importante también notar que los valores obtenidos para el tratamiento de suelo con yeso tienden a mostrarse más bajos que los demás tratamientos, lo cual comparado con los tratamientos de composta y composta con yeso al 20% podría pensarse que la composta parece darle un mejor estado al suelo que los tratamientos que no contienen composta. Por otro lado, el hecho de que no se presentarán diferencias significativas entre tratamientos puede ser debido al estadio fenológico de la planta considerándose como plántula, por lo que es muy importante que para futuros trabajos se considere su evaluación abarcando todos los estadios fenológicos.

Cuadro 4. Resultado de los promedios de las diferentes variables de biomasa y morfométricas medidas en planta en lo que correspondería a l primer corte comercial.

Tratamiento	Área Foliar ^{ns} (cm ²)	No. Hojas ^{ns}	Altura ^{ns} (cm)	Peso Fresco Hojas ^{ns} (g)	Peso Fresco Tallo ^{ns} (g)
Composta	282.9882	55	28.35	6.684	2.577
Composta + Yeso 20%	252.2516	43.5	27.65	6.046	2.373
Composta + Yeso 40%	215.7343	42.5	29	5.273	1.878
Suelo + Yeso	190.5435	36.8	25.6	4.611	1.516
Suelo	225.6175	44.1	28.5	5.641	2.077

Tratamiento	Peso Fresco H+T ^{ns} (g)	Peso Seco H+T ^{ns} (g)	Peso Seco Hojas ^{ns} (g)	Peso Seco Tallo ^{ns} (g)
Composta	9.261	0.875	0.669	0.206
Composta + Yeso 20%	8.419	0.772	0.608	0.164
Composta + Yeso 40%	7.151	0.721	0.564	0.157
Suelo + Yeso	6.127	0.621	0.481	0.14
Suelo	7.718	0.751	0.573	0.178

ns= nos significativo ($P > 0.05$)

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos de las diferentes compostas tanto elaboradas en el CIBNOR como las comerciales, la alta CE es un aspecto que es muy importante de ser analizado ya que en todos los casos este valor fue mayor al establecido por las normatividades nacionales e internacionales. De acuerdo a los análisis de metales pesados, las compostas cumplen con los valores recomendados, lo que indica que los materiales regionales susceptibles de compostarse son confiables en este sentido. Los resultados del presente trabajo permiten concluir que el yeso es un buen mejorador para la disminución del contenido de Na en la composta cuando se aplica en un 40% en peso total, sin embargo es necesario el análisis de otras sales para llegar a valor de CE que demanda la normatividad. Con respecto a los análisis realizados a las mezclas Composta–Yeso, se reflejó una mejora en el aporte de Calcio y Magnesio, nutrientes esenciales para el desarrollo óptimo de la planta. No se reflejaron efectos significativos entre los diferentes tratamientos y el desarrollo de la plántula, muy probablemente por la etapa temprana de crecimiento, por lo que se recomienda extender estudios abarcando las diferentes etapas fenológicas del cultivo.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los técnicos de los diferentes laboratorios su disponibilidad y trabajo: Carmen Mercado G., Lidia Hirales L. Pedro Luna G., Manuel Trasviña C., Myriam Hernández D.H., Baudilio Acosta V, Gisela Peña A., Saúl Briceño R., Miguel Díaz R.

Bibliografía

- NMX-FF-109-SCFI-2008. Humus de lombriz (lombricomposta), especificaciones y métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación a 26 de mayo del 2008.
- Nieto-Garibay A., Murillo Amador B., Troyo Dieguez E., Larrinaga Mayoral J.A., García Hernández J.L. 2002a. "Uso de Compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del Chile (*Capsicum annum* L.) en zonas áridas". J. Interciencia., Vol. 27, Num. 008, Pp. 417-421, Caracas Venezuela, 2002.
- Nieto-Garibay., Troyo-Dieguez., B. Murillo-Amador, J.L, García-Hernández y J.A. Larrinaga-Mayoral. 2002b. La Composta: importancia, elaboración y uso agrícola. Ed. CIBNOR, S.C. 86P. ISBN:970-18-9215-1
- Aguilera, M.M., Casas, V.M., Carrillo, D.S., González, A.B., Pérez, G.B. 2005. Chemical composition and microbiological assays of marine algae *Enteromorpha* spp. as a potential food source. Journal of Food Composition and Analysis 18.
- Moreno C. J., Moral. 2008. El Compostaje. Ed. Mundi- Prensa. Madrid. España.
- Tiquia, S.M. 2000. Evaluating phytotoxicity of pig manure from the pig on litter system. En: P.R. Warman y B.R. Taylor, Ed., Proceedings of the International Composting Symposium, CBA Press Inc.Truro,NS, p:625-647.
- Varnero, M. M. T., Rojas A. C., Orellana R. R. 2007. Índices de Fitotoxicidad en Residuos Orgánicos Durante el Compostaje. Chile R.C.Suelo Nutr. Veg. 7 (1) (28-37).
- López-Aguilar Raúl, Rodríguez-Quezada Guadalupe, Naranjo-Murillo Arturo, Beltrán-Morales Luis F., Troyo-Diéguez Enrique, Casanova-Cruz Agustín, Peralta-Patrón Ofelia. Uso de yeso para una agricultura orgánica sustentable en zonas áridas y semiáridas. Interciencia, Vol. 37. Núm. 8, 2012. Pp. 594.601. México.
- Brinton W. F. 2000. Compost quality standards and guidelines. Woods End Research Laboratory Inc. Compost Quality in America. 42p
- Viator R. P., J. L. Kovar y W. B. Hallmark. 2002. Gypsum and Compost Effects on Sugarcane Root Growth, Yield, and Plant Nutrients. Agron. J. 94:1332–1336
- Herrero J., O. Artieda y W. H. Judnall. 2009. Gypsum, a Tricky Material. Soil Sci. Soc. Am. J. 73:1757-1763

EFFECTO DE DOSIS DE ESTIÉRCOL BOVINO SOLARIZADO Y DENSIDADES DE PLANTA EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FIBRA DEL ALGODONERO, COMARCA LAGUNERA, MÉXICO

Navarro Morones, M.^{1*}; López Martínez, J. D.²; Salazar Sosa, E.²; Vazquez Vazquez, C.²

¹Doctorado Institucional en Ciencias Agropecuarias Y Forestales, Universidad Juárez del Estado de Durango. Gómez Palacio, Durango. México.

²División de Estudios de Posgrado Facultad de Agricultura Y Zootecnia. Ej. Venecia Dgo. Gómez Palacio, Durango. México.

*Maribel Navarro Morones: mabel_navarro81@hotmail.com; Dom. Conocido, Ejido Venecia Dgo, Gómez Palacio, Durango. México. CP 35000; Tel. +52(871)-114-6629

Resumen

Los altos costos de producción en el cultivo de algodón en la Comarca Lagunera localizada en la región desértica del Norte Centro de México, representa un problema crucial en el sistema de producción de este cultivo. El uso de altas densidades de plantas y la aplicación de estiércol bovino solarizado podrían ser una alternativa viable para disminuir los costos de producción, aumentar rendimiento y ganancias a los productores. En este trabajo se investigó el efecto de la aplicación de varias dosis de estiércol bovino solarizado (0, 40,80,120 t ha⁻¹) y un tratamiento químico (120-60-00 N-P-K) y dos densidades de siembra (120,000 plantas ha⁻¹ y 240, 000 plantas ha⁻¹) en el rendimiento y calidad de la fibra de algodón variedad Dp 0935 BG/RR . El diseño experimental fue bloques al azar con arreglo en franjas con cinco tratamientos y tres repeticiones. Los resultados indican que el rendimiento de algodón en hueso, resistencia, longitud y finura fue iguales al tratamiento químico mayor con la aplicación de estiércol bovino solarizado.

Palabras clave: Altos costos de producción; calidad de fibra; rendimiento

Introducción

El sistema actual de producción de algodón en la Comarca Lagunera de México se caracteriza por usar gran cantidad de insumos, agua, fertilizantes e insecticidas. Por otro lado esta actividad es de gran importancia mundial por ser fuente generadora de divisas, demandando cantidades considerables de mano de obra. Además de la obtención comercial de la fibra, se obtienen aceites comestibles de la semilla y harinolina la cual se usa como alimento para el ganado. (Espinoza et al. 2009). En el periodo 2009/2010 la producción de algodón a nivel mundial se distribuyó de la siguiente manera: China fue el principal productor mundial, con una participación de 32% seguido por India con 23%; EE.UU con 12%, y Pakistán con 9%. En México La producción de algodón representa poco menos de 0.5% del total de la producción mundial. (SAGARPA 2010). Sin embargo, la industria textil en México, demanda más de 1 000 000 Mg de fibra de algodón anualmente; de manera que, solo el 19% de fibra se produce en México y el resto se importa de otros lugares (Sánchez et al ., 2007). Estas estadísticas claramente relejan la necesidad de incrementar la producción de algodón en México. La comarca lagunera localizada en la región desértica del norte centro de México es una cuenca lechera donde se generan gran cantidad de desechos orgánicos, como lo es el estiércol bovino con una producción de estiércol de 1x10⁻⁶ Mg año⁻¹ por año base seca (Figueroa et al., 2009). Estas excretas pueden ser utilizadas como una fuente de fertilizante orgánica y disminuir nuestros costos de producción de manera considerable en comparación a los productos inorgánicos.

El objetivo del presente trabajo fue investigar el efecto del abono orgánico solarizado y densidades de siembra sobre el rendimiento y calidad de la fibra de algodón.

Materiales y Métodos

Sitio Experimental

El trabajo se desarrolló en la región conocida como la “Comarca Lagunera”, la cual se localiza en la parte central de la porción norte de México, en los estados de Coahuila y Durango. El clima de la región según la clasificación de Koppen, modificada por García (1981) se clasifica como de estepa (BS) y desértico (BW); conocido como un clima árido con lluvias en verano e inviernos frescos. La precipitación media anual es de 230 mm y una evaporación de 6 a 11 veces mayor que la precipitación que se registra en el año. La temperatura media anual es de 22 °C con rangos de 40 °C como máximo y 4 °C como mínimo. La humedad relativa en la región varía de acuerdo a la estación del año, con 31% primavera, 47% verano, 58% otoño y 40% invierno (García, 1981). El suelo del área experimental es de textura Arcillosa con un pH de 7.7, con un 1% de materia Orgánica y un total de nitrato de amonio de 15 mg kg⁻¹.

Densidad de planta

La variedad utilizada fue Dp 0935 BG/RR la cual se sembró en seco el 4 de abril del 2012. La densidad de algodón fueron 120,000 y 240,000 plantas por hectárea en parcelas experimentales de 4X4 m. Para la población de 120,000 plantas ha⁻¹ la distancia entre planta fue de 41.6 cm. Para la población de 240 000 plantas ha⁻¹ la distancia entre plantas fue de 20.8 cm. y posteriormente se utilizó el riego por goteo donde se utilizo cintilla calibre 12 000 con salidas cada 30 cm. Con una distancia entre cintilla de 40cm. El riego se hizo dos veces por semana de acuerdo al requerimiento del cultivo.

Manejo del estiércol

El estiércol se obtuvo de un rancho bovino lechero el 12 de Enero del 2012.

Solarización del Estiércol

Se formaron piletas de aproximadamente 1m de alto por 1m de ancho, Se procedió a agregarle agua hasta alcanzar el 30% de humedad formando un surco por el centro de la pileta para la circulación del estiércol para que esta fuera más fácil retenida por el estiércol trabajando a un 30% de humedad, después se procedió a colocar una doble capa de plástico transparente sin albedo de acuerdo a lo realizado por (Vázquez et al., 2010)

Tratamientos

Los tratamientos incluidos fueron dosis de estiércol bovino solarizado (0, 40, 80, 120 Mg ha⁻¹), representando los tratamientos B1 (testigo), B2, B3 Y B4 respectivamente. Un tratamiento B5 químico 120-60-00 (N-P205; kg ha⁻¹). Los tratamientos de estiercol se incorporaron con rastra a una profundidad de 30 cm un mes antes de la siembra la siembra se realizo el 4 de Abril del 2012.

Diseño Experimental y Variables Evaluadas

El diseño experimental utilizado fue un diseño de bloques al azar con arreglo en franjas con tres repeticiones (Martínez, 1996). Se realizaron análisis de varianza y prueba de Tukey (0.05) para la separación de medias, con el programa estadístico SAS, versión 9.2 (SAS Institute., 2003)

Variables evaluadas en planta

Las variables evaluadas para la planta fueron: rendimiento de algodón en hueso, resistencia, longitud y finura. El rendimiento se calculo cosechando 12 plantas para la densidad de 120,000 y 24 plantas para la densidad de 240,000 plantas ha⁻¹.

Resultados y Discusión

Rendimiento

Al realizar el análisis de medias tukey (0.05) se encontró que el rendimiento de algodón en hueso fue afectado de manera positiva por las dosis de estiércol donde los rangos van de 7.1 a hasta 7.7 a

Mg ha⁻¹, los tratamientos de 40 y 80 Mg ha⁻¹ de estiércol son los que tienen los mayores rendimientos y el químico es igual a la aplicación de 80 ton ha⁻¹ con una producción de 7.1 a ton ha⁻¹ y en último lugar el 0 dosis de estiércol con 5.1 b. (Cuadro 1).

La densidad que presentó el mejor rendimiento fue la de 120,000 plantas ha⁻¹ con 7.0 Mg ha⁻¹ (Cuadro 2) se obtiene un rendimiento. Investigación realizada por (Bednarz et al., 2000; Bednarz et al., 2005; Bednarz et al., 2006), menciona que las altas densidades de población reduce la finura y calidad de la fibra (12.6-21.5 plantas m²). La reducción de finura y micronaire ha sido reportada por el efecto de altas densidades de plantas.

Cuadro 1.- Rendimientos promedios de algodón en hueso para dosis de estiércol y densidades de plantas.

Estiércol Bovino, Mg ha⁻¹	Rendimiento, Mg ha⁻¹
0	5.1 b
40	7.7 a
80	7.1 a
120	7.1 a
120-60-00 (N-P2- k;kg ⁻¹)	6.9 a

Medias con las mismas letras para la misma fuente de variación no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Cuadro 2.- Rendimiento promedio de algodón en hueso para Densidades de siembra.

Densidades de plantas Plantas ha⁻¹	Rendimiento Mg ha⁻¹
120,000	7.0 a
240,000	6.6 a

Medias con las mismas letras para la misma fuente de variación no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Calidad de fibra

Los resultados indican que las dosis de estiércol ni las densidades de siembra tuvieron efecto significativo sobre la calidad de la fibra como lo fue longitud y resistencia, estos se encuentran dentro de los parámetros de calidad requeridos para la industria textil, estos resultados son parecidos a los reportados por (Alikhasi et al., 2012). Quien encontró que el uso de las aguas residuales no tienen efectos significativos sobre la calidad de la fibra.

La finura (mic) se vio afectada por la interacción dosis de estiércol este es un parámetro que puede ser afectado por las condiciones bióticas, y abióticas entre las que se encuentran las ambientales (Steglich et al., 2000), el manejo (Bednarz et al., 2000; Pervez et al., 2006., Saleem et al., 2010., Orozco et al., 2011) e incluso características genotípicas y genotípicas de la planta (Hussain et al., 2008., Orozco 2011).

Cuadro 3. Longitud, resistencia y finura de algodón promedios para dosis y densidades de siembra

Niveles De Estiércol (t ha⁻¹)	Longitud (pulgadas)	Resistencia (g/tex)	Finura (mic)
B1= 0 t ha ⁻¹	1.1 a	28.4 a	3.1 a
B2= 40 t ha ⁻¹	1.2 a	28.4 a	2.8 ab
B3= 80 t ha ⁻¹	1.2 a	29.2 a	2.7 ab
B4=120 t ha ⁻¹	1.1 a	27.6 a	2.8 ab
B5= (120-60-00)	1.2 a	28.4 a	2.6 b
Densidades			
120,000 plantas ha ⁻¹	1.1 a	27.9 a	2.8 a
240,000 plantas ha ⁻¹	1.2 a	28.9 a	2.8 a

Medias con las mismas letras para la misma fuente de variación no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Conclusiones

La utilización de diferentes niveles de estiércol afecto positivamente al rendimiento de algodón en hueso obteniendo rendimientos superiores a la media regional registrándose el más alto rendimiento en el tratamiento 40 t ha⁻¹ con 7.7 t ha⁻¹ fue el que obtuvo mayor rendimiento, la interacción dosis de estiércol afecto positivamente al rendimiento de algodón en hueso. El rendimiento no se vio afectado por las densidades de siembra por lo cual es conveniente utilizar la densidad de 120,000 plantas ha⁻¹. Los parámetros que determinan la calidad de la fibra (Longitud, resistencia, finura) no se vieron afectados por la interacción tratamientos de estiércol ni densidades de plantas no se encontró diferencia significativa mas sin embargo no afecto la calidad de la fibra.

Bibliografía

- Alikhasi M. Kouchakzadeli M, and Boniano, E. 2012. The Effect of Treated Municipal Wastewater Irrigation in Non-Agricultural soil on cotton plant. *Journal of Agricultural Science and Technology*. Vol 14; pp1357-1364.
- Steglich, E.M., T.J. Gerik, J. Kiniry, J.T. Cothren y R.G. Lemon (2000). Change in the light extinction coefficient with row spacing in upland cotton. En: P. Dugger and D. Richter (ed.). Proc. Beltwide Cotton Conf., San Antonio, Tx. 4-8 Jan. National Cotton Council, Memphis, TN. pp. 606-608.
- Bednarz, C.W., D.C. Bridges y S.M. Brown (2000). Analysis of cotton yield stability across population densities. *Agronomy Journal* 92: 128-135.
- Pervez, H., M.I. Makhdam., M. Ashraf, y S. Ud-Din (2006). Influence of potassium nutrition on leaf area index in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under an arid environment. *Pakistan Journal of Botany* 38: 1085-1092.
- Saleem, M., M. Maqsood, A. Javaid, M.U. Hassan y T. Khaliq (2010). Optimum irrigation and integrated nutrition improves the crop growth and net assimilation rate of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Pakistan Journal of Botany* 42: 3659-3669
- Orozco V., JA., p. Yesica C., MA. Segura. R Valdez. C. E Martinez Rubin de celis. JA Montemayor- Trejo. M Fortis H. P Preciado R. 2011. Analisis de Crecimiento de tres variedades de algodón (*Gossypium Hirsutum* L.) en una región arida de Mexico. *Revista Internacional De Botanica Experimental*. Pp 47-52
- Hussain, M., F.M. Azhar, A.A. Khan (2008). Genetic basis of variation in leaf area, petiole length and seed cotton yield in some cotton (*Gossypium hirsutum*) genotypes. *International Journal of Agriculture & Biology* 10: 705-708.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen para adaptarlo a las condiciones climáticas de la Republica Mexicana. Tercera Edición. Offset Larios. México, D.F.
- Espinoza, A. J. J., Salinas, G. H., Orona, C. I., Palomo, R. M. 2009. Planeación de la investigación del INIFAP en la Comarca Lagunera en base a la situación de mercado de los principales productos agrícolas de la región. *Revista mexicana de Agronegocios*. 2009. P: 763.
- Sagarpa. 2010. Monografía de cultivos. Secretaria de Fomento a los Agronegocios. Algodón.
- Sanchez E. M; S. Castruita M.A; P Rangel. A; J.A Orozco V; Y Coronado; P Ávila. V. 2007. Producción De Algodón en doble y triple hilera por riego por goteo subsuperficial. *Terra Latinoamericana*. Vol. 25, Num. 2 , pp. 155-161.
- Figuroa-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*. FAZ-UJED. SMCS. Gómez Palacio, Durango, México.
- SAS Institute. 2003. SAS/STAT user's guide. Release 9.1 ed. SAS Inst. Cary, NC, USA.

CONTENIDO FENÓLICO Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN FRUTOS DE MELÓN PRODUCIDO ORGÁNICAMENTE

Preciado Rangel, P.1; Sánchez Hernández, D. J.1; Fortis Hernández, M.1; Esparza Rivera, J. R.2; Sánchez Chávez, E.3; Cano Ríos, P.4

¹Instituto Tecnológico de Torreón, Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Ejido Ana. Torreón, Coahuila, México. .

²Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio Durango, México.

³Investigador Centro de Alimentación en Alimentación y Desarrollo A.C,

⁴Profesor Investigador Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna,

*Autor responsable: ppreciador@yahoo.com.mx; Carretera Torreón-San Pedro Km 7.5, Torreón, Coahuila. México.CP 27170; Tel. +52(871)-7507198

Resumen

Los antioxidantes naturales presentes en las frutas al ser consumidas son una importante fuente de compuestos con propiedades fitoquímicas capaces de reducir el estrés oxidativo en las células y con ello contribuir a la salud humana. El objetivo del presente trabajo fue evaluar compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante en frutos de melón producido orgánicamente en invernadero, los tratamientos evaluados fueron las siguientes relaciones de vermicompost:arena: 30:70, 45:55 y 60:40 (v:v). Los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas en las variables evaluadas, la mayor concentración de compuestos fenólicos y actividad antioxidante fue obtenida al aumentar la proporción de vermicompost como componente del sustrato. Con la incorporación de vermicompost se puede mejorar la calidad nutrimental de los frutos de melón producido orgánicamente.

Palabras clave: sustratos; agricultura orgánica protegida.

Introducción

En la actualidad los consumidores se interesan sobre el origen de los alimentos, en la forma que estos fueron cultivados, si se encuentran libres de residuos químicos o biológicos que pudiera representar algún peligro en la salud humana y de su contenido nutrimental (Winter y Davis, 2006); ante esta situación la utilización de materiales orgánicos (sólidos y líquidos) es una alternativa sustentable, ya que además de satisfacer la demanda nutricional de los cultivos, disminuir los costos y la dependencia de los fertilizantes sintéticos, asegura frutos inocuos con una alta calidad nutracéutica (Yiridoe *et al.*, 2005; Salandanan *et al.*, 2009); por otro lado se ha demostrado el consumo de frutas y verduras proporciona efectos benéficos a la salud humana, debido a que estos productos poseen un alto contenido de compuestos fenólicos y antioxidantes, los cuales se han relacionado con la reducción de enfermedades cardiovasculares (Franzini *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2011), la diabetes (Ramful *et al.*, 2010), resistencia a la insulina (Egan *et al.*, 2001). Además, ayudan a prevenir enfermedades como el cáncer (Ezzedine *et al.*, 2010) en general disminuyen los procesos de aceleración del envejecimiento (Bonetto *et al.*, 2009; Salmon *et al.*, 2010). En base a lo anterior el objetivo del presente trabajo fue evaluar la calidad nutracéutica de frutos de melón utilizando diferentes fuentes de fertilización orgánica.

Materiales y métodos

Se utilizaron muestras de fruto de melón (*Cucumis melo* L.), desarrollado en las siguientes relaciones de vermicompost:arena: 30:70, 45:55 y 60:40 (v:v). De cada planta un fruto maduro fue cosechado y lavado con agua potable para remover posibles residuos presentes, posteriormente se retiró la cascara de la pulpa para tritarlo en trozos pequeños para después obtener el extracto, para ello se mezclaron 5 g de muestra (pulpa de melón fresco molida) en 10 mL de metanol en tubos de plástico con tapa de rosca, los cuales fueron colocados en agitador rotatorio (ATR Inc., EU) durante 6 horas a 20 rpm a 5 °C. Los tubos fueron centrifugados a 3000 rpm durante 10 minutos, y el sobrenadante fue extraído para su análisis. Para el contenido de fenólicos totales se midió usando una modificación del método Folin-Ciocalteu (Esparza Rivera et al., 2006). Se mezclaron 30 µl de muestra con 270 µl de agua destilada en un tubo de ensaye, y a esta solución se le agregaron 1,5 ml de reactivo Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich, St. Louis MO, EU) diluido (1:15), agitando en vórtex durante 10 segundos. Después de 5 minutos se añadieron 1,2 ml de carbonato de sodio (7,5% p/v) agitándose durante 10 segundos. La solución fue colocada en baño maría a 45 °C por 15 minutos, y luego se dejó enfriar a temperatura ambiente. La absorbancia de la solución fue leída a 765 nm en un espectrofotómetro HACH 4000. El contenido fenólico se calculó mediante una curva patrón usando ácido gálico (Sigma, St. Louis, Missouri, EU) como estándar, y los resultados se reportaron en mg de ácido gálico equivalente por g de muestra base seca (mg equiv AG·g⁻¹ BS). Los análisis de cada tratamiento se realizaron por triplicado. La capacidad antioxidante se evaluó de acuerdo al método in vitro DPPH+ usando una modificación del método publicado por Brand-Williams (1995). Se preparó una solución de DPPH+ (Aldrich, St. Louis, Missouri, EU) en metanol, ajustando la absorbancia de la solución a $1,100 \pm 0,010$ a una longitud de onda de 515 nm. Para la determinación de capacidad antioxidante se mezclaron 50 µl de muestra y 950 µl de solución DPPH+, y después de 3 min de reacción se leyó la absorbancia de la mezcla a 515 nm. Se preparó una curva estándar con Trolox (Aldrich, St. Louis, Missouri, EU), y los resultados se reportaron como capacidad antioxidante equivalente en µM equivalente en Trolox por g base seca (µM equiv Trolox·gm⁻¹ BS). El diseño experimental utilizado para evaluar el efecto de los tratamientos, fue completamente al azar. Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente utilizando un análisis de varianza y para la comparación de las medias de tratamientos se aplicó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Resultados y discusiones

La importancia de los antioxidantes en la industria alimenticia, se basa en la restricción existente contra los antioxidantes sintéticos por los efectos secundarios que ocasionan, obligando así a la búsqueda de antioxidantes naturales (Veliglu *et al.*, 1998), los cuales se encuentran de manera natural en frutas y vegetales y su contenido representa uno criterios de calidad nutricional (Rise *et al.*, 1996). Las diferentes relaciones de VC:A evaluadas en el experimento provocaron que los frutos de melón exhibieran diferencias significativas ($P \leq 0,05$, Cuadro 1), el mayor contenido fenólico y actividad antioxidante en ambos métodos fueron obtenidos con la mayor proporción de vermicompost como componente del sustrato.

Los resultados al parecer se deben a la alta CE del sustrato (Atiyeh *et al.*, 2000), ya que la salinidad disminuye la absorción de agua y de nutrimentos, afectando el metabolismo de la planta; la salinidad moderada en la relación de VC:A en el sustrato puede mejorar la calidad nutrimental de los frutos de melón producido orgánicamente. A diferencia de los sistemas convencionales de producción en los cuales la fertilización inorgánica disminuye la cantidad de antioxidantes, los abonos orgánicos los incrementa (Nur *et al.*, 2013). Las variaciones en los contenidos de compuestos bioactivos y en la actividad antioxidante, en los sistemas de producción convencional y orgánica, están relacionadas con las diferencias en las prácticas de cultivo (Wang *et al.*, 2008), ya que en los sistemas intensivos de producción no existen factores estresantes (Zhao *et al.*, 2009).

Cuadro 1. Contenido total de fenólicos y capacidad antioxidante de fruto de melón producido en invernadero bajo diferentes niveles de vermicompost:arena.

Tratamientos	Contenido fenólico ¹	Capacidad antioxidante método ABTS ²	Capacidad antioxidante método DPPH ²
30/70	3.97b	219.1b	119.2b
45/55	4.86b	316.7a	171.1a
60/40	6.70a	329.2a	172.9a

¹Datos expresados como mg equivalente en ácido galico por 100 g base fresca. ²Datos expresados como μM equivalente en Trolox por 100 g base fresca. Valores seguidos de diferente letra en la columna son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Conclusión

Los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante es afectada por las diferentes proporciones de vermicompost:arena, la salinidad moderada con la relación 45/55 de VC:A en el sustrato puede ser utilizados mejorar la calidad nutrimental de los frutos de melón producido orgánicamente.

Bibliografía

- Atiyeh RM; Edwards C; Subler S; Metzger J. 2000. Earthworm. Processed organic wastes as components of horticultural potting media for growing Marigold and vegetable seedlings. *Compost Sci. Utiliz.* 8: 215-22.
- Brand W, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie* 28: 25-30.
- Egan B.M., Greene E.L., Goodfriend T.L. 2001. Insulin resistance and cardiovascular disease. *American Journal of Hypertension.* 14:S116-S125.
- Esparza Rivera JR, Stone MB, Stushnoff C, Pilon Smith E, Kendall PA. 2006. Effects of Ascorbic acid applied by two hydrocooling methods on physical and chemical properties of green leaf lettuce stored at 5 °C. *Journal of Food Science.* 71:270-276.
- Ezzedine K., Latreille J., Kesse-Guyot E., Galan P., Hercberg S., Guinot C., Malvy D. 2010. Incidence of skin cancers during 5-year follow-up after stopping antioxidant vitamins and mineral supplementation. *European Journal of Cancer.* 46: 3316-3322.
- Franzini L., Ardigò D., Valtueña S., Pellegrini N., Del Rio D., Bianchi M.A., Scazzina F., Piatti P.M., Brighenti F., Zaveroni I. 2010. Food selection based on high total antioxidant capacity improves endothelial function in a low cardiovascular risk population. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, In Press, Corrected Proof.
- Nur Faezah, O., Siti Aishah, H., & Umi Kalsom, Y. 2013. Comparative evaluation of organic and inorganic fertilizers on total phenolic, total flavonoid, antioxidant activity and cyanogenic glycosides in cassava (*Manihot esculenta*). *African Journal of Biotechnology.* 12: 2414-2421.
- Ramful D., Bahorun T., Bourdon E., Tarnus E., Aruoma O.I. 2010. Bioactive phenolics and antioxidant propensity of flavedo extracts of Mauritian citrus fruits: Potential prophylactic ingredients for functional foods application. *Toxicology.* 278:75-87.
- Rice-Evans, C. A., Miller, J. N., & Paganga, G. 1996. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine.* 20, 933-956.
- Salandanan, K., Bunning, M., Stonaker, F., Külen, O., Kendall, P., and Stushnoff, C. 2009. Comparative Analysis of Antioxidant Properties and Fruit Quality Attributes of Organically and Conventional. *HortScience.* 44: 1825-1832.
- Salmon, A.B., Richardson A., Pérez V.I. (2010). Update on the oxidative stress theory of aging: Does oxidative stress play a role in aging or healthy aging? *Free Radical Biology and Medicine*, 48(5):642-655.
- Veliglu, Y.S., Mazza, G., Gao, L. & Oomah, B. (1998). Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 46, 4113-4117.
- Wang CY; Camp MJ. 2008. Fruit quality, antioxidant capacity, and flavonoid content of organically and conventionally grown blueberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 5788-5794.
- Wang S., Melnyk J.P., Tsao R., Marcone M.F. (2011). How natural dietary antioxidants in fruits, vegetables and legumes promote vascular health. *Food Research International*, 44(1):14-22.
- Winter C.K and Davis F.S. 2006. Organic food. *J Food Sci.* 71:117-124.
- Yiridoe, E.K., S. Bonti-Ankomah, and R.C. Martin. 2005. Comparison of consumer perceptions and preference toward organic versus conventionally produced foods: A review and update of the literature. *Renewable Agr. Food Systems.* 20:193-205.
- Zhao X, Nechols JR, Williams KA, Wang W, Carey EE (2009) Comparison of phenolic acids in organically and conventionally grown pac choy (*Brassica rapa* L. chinensis). *J. Sci. Food Agric.* 89: 940-946

CALIDAD NUTRACEUTICA DE MELÓN ORGÁNICO PRODUCIDO EN INVERNADERO

Preciado Rangel, P.¹; García Villela, K. M.¹; Fortis Hernández, M.¹; Esparza Rivera, J. R.²; Segura Castruita, M. A.¹

¹Instituto Tecnológico de Torreón, Carretera Torreón-San Pedro km 7.5, Ejido Ana. Torreón, Coahuila, México. .

²Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio Durango, México.

*Autor responsable: ppreciador@yahoo.com.mx; Carretera Torreón-San Pedro Km 7.5, Torreón, Coahuila. México.CP 27170; Tel. +52(871)-7507198

Resumen

El consumo de vegetales y frutas pueden incorporar algunos antioxidantes naturales en el organismo humano los cuáles pueden prevenir enfermedades generadas por la acción de radicales libres. El objetivo del presente trabajo fue determinar la capacidad antioxidante total, contenido fenólico y el contenido de sólidos solubles totales por efecto de algunas soluciones orgánicas en el cultivo de melón producido bajo condiciones de invernadero. Las soluciones orgánicas utilizadas fueron: té de compost, té de vermicompost y lixiviado de vermicompost y como testigo la solución nutritiva Steiner. Los resultados mostraron diferencias significativas en las variables evaluadas, en las soluciones orgánicas presentaron mayor capacidad antioxidante y sólidos solubles totales, respecto a la solución nutritiva convencional.

Palabras clave: Capacidad antioxidante; soluciones nutritivas orgánicas

Introducción

Las frutas y los vegetales contienen varios componentes químicos con diferentes propiedades biológicas y capacidades farmacológicas, por lo que su consumo causa efectos benéficos en la salud humana (Guerrero *et al.*, 2010), algunos de estos compuestos son conocidos como antioxidantes, compuestos capaces de retrasar o inhibir la oxidación de lípidos, proteínas y ácidos nucleídos mediante la inhibición de la propagación de las especies reactivas de oxígeno (Gil *et al.*, 2002). El creciente interés de los antioxidantes en la salud humana ha llevado a realizar investigaciones intensivas en las áreas de agronomía y ciencias de los alimentos; ya que se ha demostrado que es posible la manipulación de los mecanismos de defensa de las plantas así como de los niveles de antioxidantes y fitoquímicos específicos, por medio de la genética, con la aplicación de fertilizantes químicos u orgánicos, o con inductores químicos naturales o artificiales que funcionan como señalizadores, antioxidantes y promotores de oxidación controlada (Benavides *et al.*, 2002); es decir la manipulación de algunos factores del entorno de crecimiento de las plantas pueden aumentar la capacidad antioxidante total, ejemplo de ello son los cultivos sin suelo en lo que por medio del manejo de la solución nutritivas son con el uso de soluciones nutritivas se producen frutos con mayor cantidad de antioxidantes (Sgherri *et al.*, 2007). Por otro lado los consumidores actuales se interesan sobre el origen de los alimentos, de cómo estos fueron cultivados, si son seguros para comerse, su contenido nutricional y si se encuentran libres de alguna posible contaminación con agroquímicos (Winter y Davis, 2006), ante esta situación la utilización de materiales orgánicos (sólidos y líquidos) es una alternativa sustentable, ya que además de satisfacer la demanda nutricional de los cultivos, disminuir los costos y la dependencia de los fertilizantes sintéticos, se puede mejorar su calidad nutraceutica (Yiridoe *et al.*, 2005; Salandanan *et al.*, 2009). En base a lo anterior el objetivo del

presente trabajo fue evaluar la calidad nutracéutica de frutos de melón utilizando diferentes fuentes de fertilización orgánica.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó bajo condiciones de invernadero, en el Instituto Tecnológico de Torreón, México, los tratamientos consistieron en la aplicación de cuatro diferentes fuentes de fertilización en el cultivo de melón, utilizando como sustrato arena de río lavada y esterilizada con una solución de hipoclorito de sodio al 5%. Bolsas de plástico negro de 20 litros de capacidad, se utilizaron como macetas, y los tratamientos de fertilización consistieron en 1) fertilización inorgánica con solución nutritiva (Steiner, 1984), 2) té de compost, 3) té de vermicompost, y 4) lixiviado de vermicompost. Los té de compost y vermicompost se elaboraron de acuerdo al método propuesto por Ingham (2005). Las soluciones resultantes, incluyendo el lixiviado, fueron ajustadas a una conductividad eléctrica (CE) de $2,0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ mediante dilución con agua natural, a fin de evitar problemas de fitotoxicidad (Olivia-Llaven et al., 2010) y el pH fue ajustado a 5,5 con ácido cítrico (Capulín et al., 2007). Se cuantificó la capacidad antioxidante total por el método de DPPH y ABTS, el contenido fenólico y los sólidos solubles totales, para esto se tomaron cuatro frutos tomados al azar de cada planta correspondiente a cada repetición de los tratamientos. Los resultados obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza y comparación de medias (Tukey, $P < 0,05$).

Resultados y Discusión

Existieron diferencias significativas en las variables cuantificadas a frutos de melón con respecto a las fuentes de fertilización que se utilizaron. En lo que se refiere a la capacidad antioxidante total por el método DPPH el tratamiento que tuvo el mayor valor fue el lixiviado de vermicompost seguido del té de compost, y por el método ABTS las diferencias estadísticas fueron similares. En el contenido fenólico total el mayor valor lo presentaron los frutos fertilizados con lixiviado de vermicompost. Por lo tanto, la fertilización influyo en el contenido de compuestos químicos con poder antioxidantes en frutos de melón, el obtener los mayores valores cuando se fertilizo orgánicamente se puede deber a que las soluciones orgánicas presentaron una baja disponibilidad de N (datos no mostrados) lo que induce al incremento de ácidos orgánicos y polifenoles en plantas (Winter & Davis, 2006). Los resultados obtenidos para capacidad antioxidante por DPPH y por ABTS son mayores a los encontrados por Salandanan et al. (2009) quienes compararon la capacidad antioxidante de frutos de melón en sistemas de producción orgánica y convencional, el mayor valor obtenido por la técnica de DPPH fue de $301.5 \pm 22.2 \mu\text{M}$ equiv Trolox / 100 g BF y por el método ABTS de 220.7 ± 75.1 en sistemas de producción orgánica. Por otra parte el contenido de fenólicos totales comparados con los encontrados por Salandanan et al., (2009) son mayores que los presentados en este trabajo.

Cuadro 1. Fenólicos Totales, Capacidad Antioxidante Total por los métodos DPPH y ABTS, y sólidos solubles totales de frutos de melón utilizando cuatro fuentes de fertilización.

TRATAMIENTOS	Fenólicos Totales (mg ac. gálico/ 100 g BF)	ABTS capacidad antioxidante (μM equiv Trolox / 100 g BF)	DPPH capacidad antioxidante (μM equiv Trolox / 100 g BF)	Sólidos solubles totales (° Brix)
TVC	4.90 b*	449.1 ab	1719.7 b	6.75 c
TC	4.56 b	307.4 b	2193.3 a	11.75 a
LXV	6.84 a	533.7 a	2304.2 a	7.50 b
SQ	5.29 ab	365.2 b	873.2 c	7.63 b

*Valores con letras iguales dentro de cada columna son similares estadísticamente (Tukey $P < 0,05$).

Por último, se presentó mayor acumulación de sólidos solubles totales en los frutos de melón donde se fertilizo con té de compost, lo que se puede deber a la alta concentración de Na y Cl en la solución aplicada (datos no mostrados).

Conclusiones

En todas las variables evaluadas influyo significativamente la fuente de fertilización. Los frutos de melón fertilizados con lixiviado de vermicompost fueron los que presentaron mayores valores de capacidad antioxidante total y de fenólicos totales excepto en sólidos solubles totales que fue el té de compost. Lo que representa una alternativa sustentable y económica cuando lo que se busca obtener frutos más nutritivos que los cultivados de manera convencional.

Bibliografía

- Benavides, M. A. 2002. Ecofisiología y bioquímica del estrés de las plantas. Universidad autónoma agraria Antonio narro. 195 p.
- Capulín GJ, Núñez ER, Aguilar AJL, Estrada BM, Sánchez JP, Mateo SJL. 2007. Uso de estiércol líquido de bovino acidulado en la producción de pimiento morrón. *Rev. Chapingo Ser. Hort.* 13: 5-11.
- Gil, M., F. Tomas-Barberan, B. Hess-Pierce, and A. Kader. 2002. Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin C contents of nectarine, peach, and plum cultivars from California. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50:4976-4982.
- Guerrero C., J, Ciampi P., L, Castilla C., A, Medel S., F, Schalchli S., H, Hormazabal U., E, Bensch T., E, Alberdi L., M. 2010. Antioxidant capacity, anthocyanins, and total phenols of wild and cultivated berries in Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research.* 70: 537-544.
- Ingham RE. 2005. *The Compost Tea Brewing Manual*. 5a ed. Soil Foodweb Inc. Corvallis, OR, EEUU. 79 pp.
- Oliva-Llaven MA, Rodríguez HL, Mendoza NP, Ruiz SB, Álvarez SJD, Dendooven L. 2010. Optimization of worm-bed leachate for culturing of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) inoculated with *Glomus fasciculatum* and *Pseudomonas fluorescens*. *Electron. J. Biotechnol.* 13: 1-8
- Saladanan, K., Bunning, M., Stonaker, F., Külen, O., Kendall, P., and Stushnoff, C. 2009. Comparative Analysis of Antioxidant Properties and Fruit Quality Attributes of Organically and Conventional. *HortScience* 44, 1825-1832.
- Sgherri, C., Navari-Izzo, F., Pardossi, A., Soressi, G. P., & Izzo, R. 2007. The influence of diluted seawater and ripening stage on the content of antioxidants in fruits of different tomato genotypes. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(6), 2452-2458.
- Steiner AA. 1984. The universal nutrient solution. *Proc. 6th Int. Cong. on Soilless Culture*. ISOSC. Lunteren, Holanda. pp. 633-649.
- Winter C.K and Davis F.S. 2006. Organic food. *J Food Sci.* 71:117-124.
- Yiridoe, E.K., S. Bonti-Ankomah, and R.C. Martin. 2005. Comparison of consumer perceptions and preference toward organic versus conventionally produced foods: A review and update of the literature. *Renewable Agr. Food Systems.* 20:193-205.

EFFECTO RESIDUAL DE ESTIERCOL BOVINO EN LA PRODUCCION DE TRITICALE (X. Triticosecale Wittmack)

Trujillo-Herrada U.1; Luna-Anguiano J.2; Cenicerros-García A. K.3; Covarrubias-Triana RM.3; Dávila González T.3

¹ Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria (SEP-DGETA), Secretaria de Educación Media Superior (SEMS), Brigada de Educación para el Desarrollo Rural (BEDR #48), Fco. I. Madero Coahuila, Mex.

² Alumno de doctorado institucional en ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad Juárez del Estado de Durango.

³ Alumno de licenciatura de la Facultad de Agricultura y Zootecnia 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

La producción de estiércol del ganado estabulado y semiestabulado a tenido un incremento a nivel nacional, siendo las principales cuencas aportadoras de este abono orgánico, La Comarca Lagunera, el valle de Juárez y el norte y noreste de chihuahua (Trinidad 2007). La estimación de este abono era de 61 millones de toneladas (INEGI 1997). La aplicación de este abono determina una mejor calidad y fertilidad del suelo, como tal es considerado una fuente de nutrientes económica para los cultivos, sin embargo su aplicación en altas dosis puede ocasionar problemas de salinidad o sodicidad. En este sentido la investigación se llevo a cabo en el campo agrícola experimental en la Facultad de Agricultura y Zootecnia, División de Estudios de Posgrado (CAE-FAZ-UJED), teniendo como factores de estudio 2 variedades de triticales (AN105 y Eronga) y 4 dosis de estiércol, un testigo absoluto (0, 20, 40, 60 y 80 t ha⁻¹) y un testigo químico (100-150-00), se utilizo un diseño de bloques al azar con arreglo en franjas y tres repeticiones. El objetivo fue determinar la mejor dosis de estiércol residual para una mayor producción de forraje verde y seco de triticales, sin provocar contaminación al suelo por la lixiviación de nitratos. Los resultados se encontró diferencia estadística entre tratamientos con una $p < 0.0007$ en forraje verde, en cuanto a los análisis de suelo se reporto diferencia estadística únicamente entre tratamientos para el caso de la ce, los nitratos y la mo mostraron diferencia estadística entre variedades y entre tratamientos de estiércol.

Introducción

El estiércol bovino lechero como otros abonos orgánicos utilizados en agricultura tiene el potencial de ser una fuente de nutrientes económica y efectiva para los cultivos. Su aplicación al suelo determina un aumento en de la fertilidad así como también una mejoría en sus propiedades físicas.

La cantidad de nutrientes disponibles del estiércol en el suelo para las plantas, es quizás una de las preguntas mas comunes y sin respuesta exacta debido a los múltiples factores físicos, químicos y biológicos que intervienen en el proceso de descomposición de materiales orgánicos. Una de las formas mas precisas es mediante la evaluación de la descomposición del estiércol en campo directamente (Flores *et al.*, 2007). Los productores que disponen de este abono lo utilizan de una manera indiscriminada aplicando dosis altas de 200 a 250 toneladas por hectárea por año, lo cual hace necesario llevar a cabo análisis del balance salino y de la calidad del suelo sin olvidarnos de que la clave consiste en evitar la utilización inapropiada de este recurso para poder proteger la calidad del suelo y del agua. Los forrajes producidos en el ciclo de primavera-verano, no son suficientes para la alimentación del ganado en la temporada invernal, esto a orillado a los productores a buscar

alternativas que les ayuden a complementar el abastecimiento de alimento, tanto en cantidad como en calidad para dicha temporada.

Una buena alternativa que se ha venido utilizando para sustituir al maíz y a la alfalfa en épocas que estos cultivos no se pueden establecer, es el cultivo del triticale. Este es un cultivo de invierno, el cual se ha venido incluyendo en las dietas alimenticias del ganado lechero debido a que este cultivo reúne un alto potencial de producción biomasa (10.59 Mg ha⁻¹ de materia seca), con un valor nutritivo adecuado (16.76 % PC), muy tolerante a los factores adversos del medio ambiente como lo son las bajas temperaturas, Béjar y Ammar, 2002). Basados en el anterior contexto el objetivo del presente estudio fue determinar la mejor dosis de estiércol residual para una mayor producción de forraje verde y seco de triticale, sin provocar contaminación al suelo por la lixiviación de nitratos.

Materiales y Métodos

Localización geográfica

La Región Lagunera se localiza en la parte Centro-Norte del país. Esta se ubica entre los meridianos 102° 22' y 104° 47' longitud Oeste, y los paralelos 24° 22' y 26° 23' latitud Norte, su altura media sobre el nivel del mar es de 1,139 m. El experimento se realizó en el ciclo de otoño-invierno en 2012 en el campo agrícola (CAE-FAZ-UJED), el cual se encuentra ubicado en el Km. 28 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, a inmediaciones del ejido Venecia, Mpio. de Gómez Palacio, Dgo.

Características ecológicas del sitio

En Comarca Lagunera, Aguirre (1981), reporta un clima seco desértico con lluvias en el verano e inviernos frescos. La precipitación pluvial es de 241.9 mm anuales y una temperatura media anual es de 21.5 °C con rangos de 33.7 como máximo y 7.5 como mínimo. La evaporación anual media aproximadamente es de 2,396 mm y presenta una humedad relativa variada de acuerdo a la estación del año, con 31 % en Primavera, 47 % en Verano, 58 % en Otoño y 40 % en invierno (CNA, 1999).

Características del suelo y estiércol

Se recolectaron 3 muestras aleatorias de suelo a profundidades de 0-15 y de 15-30 centímetros y 3 de estiércol para determinar las condiciones en las que se encontraba el suelo y el estiércol, los análisis se realizaron en el laboratorio de la (FAZ-UJED), encontrando en el suelo un pH que oscila entre 8 y 8.5, con una conductividad eléctrica entre 1.2 y 2.0 dS m⁻¹, un porcentaje de materia orgánica menor del 2 % y una concentración de nitratos de entre 7 y 14 ppm y en el estiércol valores de 7.8 para el pH, 0.65 dS m⁻¹, 5.39 % de materia orgánica y una concentración de nitratos de 0.84 ppm.

Espacio de exploración

Los factores en estudio fueron cultivo de triticale (variedades AN 105 y Eronga 83) y estiércol bovino con dosis de 0 hasta 80 t ha⁻¹ con tratamientos de 20 en 20 y un testigo químico con la dosis recomendada para esta región por Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, (100-150-00 de N-P-K) respectivamente. El diseño del experimento fue en bloques al azar con un arreglo en franjas con tres repeticiones.

Conducción del experimento

Aplicación de estiércol

El estiércol que se utilizó fue estrictamente de bovino del establo de la FAZ-UJED. La aplicación del estiércol se hizo en el mes de marzo para el establecimiento de maíz forrajero, y una vez concluido el ciclo se llevaron a cabo las labores culturales para el establecimiento del triticale y sus labores subsiguientes.

Siembra

La siembra se estableció en seco el 14 de octubre de 2012, con una densidad de siembra de 120 kg ha⁻¹, se aplicaron 4 riegos con láminas de riego de 12 a 15 cm en intervalos de entre los 22 a 25 días.

Cosecha

La cosecha se realizó a los 120 días después de la fecha de siembra cuando el cultivo estaba en embuche y aproximadamente un 10 % de floración, cosechando 1 m² por unidad experimental para determinar materia verde y seca. Las variables medidas en la planta fueron peso verde y peso seco extrapolando los resultados a toneladas por hectárea y para las variables en el suelo se evaluó el pH, ce, materia orgánica y nitratos. El análisis estadístico se realizó con el paquete computacional Statistical Analysis System Ver. 4.0.1111.

Resultados y Discusión

Rendimiento de materia verde

En la producción de triticale existe diferencia estadística significativa para los tratamientos de estiércol (cuadro 1), siendo el tratamiento de 60 t ha⁻¹ el de mayor rendimiento con 47 t ha⁻¹ de forraje, seguido de la dosis de 20 y 80 t ha⁻¹ que mostraron valores de 45 y 42 t ha⁻¹ de forraje verde, la fertilización química alcanzo un rendimiento de 37 t ha⁻¹ y solo supero al testigo que alcanzo 27 t ha⁻¹ de forraje.

Cuadro 1. Análisis de varianza para la producción de materia verde de triticale, CAE-FAZ-UJED, 2012.

Fuente de Variación	GL	Pr>F
R (Repetición)	2	0.5951
FA (Variedades de triticale)	1	0.1100
FB (Tratamientos de Estiercol)	5	0.0007**
DMS variedades de Triticale		15.45
DMS estiercol		6.79

Variables del suelo

Conductividad eléctrica del suelo

En la conductividad eléctrica existe diferencia estadística entre profundidades con valores de 0.7 hasta 0.88 para la primera profundidad y 1.4 hasta 1.8 para la profundidad de 7.5-15 cm (Figura 1), sin embargo entre los tratamientos de estiércol bovino no se encontró diferencia estadística.

Materia Orgánica del suelo MO

Para la Materia orgánica se encontró diferencia estadística significativa entre las variedades de triticale con una DMS de 0.0828 donde se reporta el mayor porcentaje de materia orgánica en la variedad AN 105 con un valor de 2.86 % mientras que en la variedad Eronga el % de materia orgánica fue de 2.76 (Figura 2), en los tratamientos de estiércol se encontraron diferencias estadísticas, donde los porcentajes mayores los reportan las dosis de 60 y 80 t ha⁻¹ de estiércol bovino siendo estos estadísticamente iguales con un 3.07 y 3.2 respectivamente %, seguidos de la dosis de 40 t ha⁻¹ de estiércol bovino con 3%, la dosis de 20 t ha⁻¹ de estiércol bovino reporto un 2.7% superando al testigo y a la fertilización química que fueron estadísticamente iguales (Figura 2).

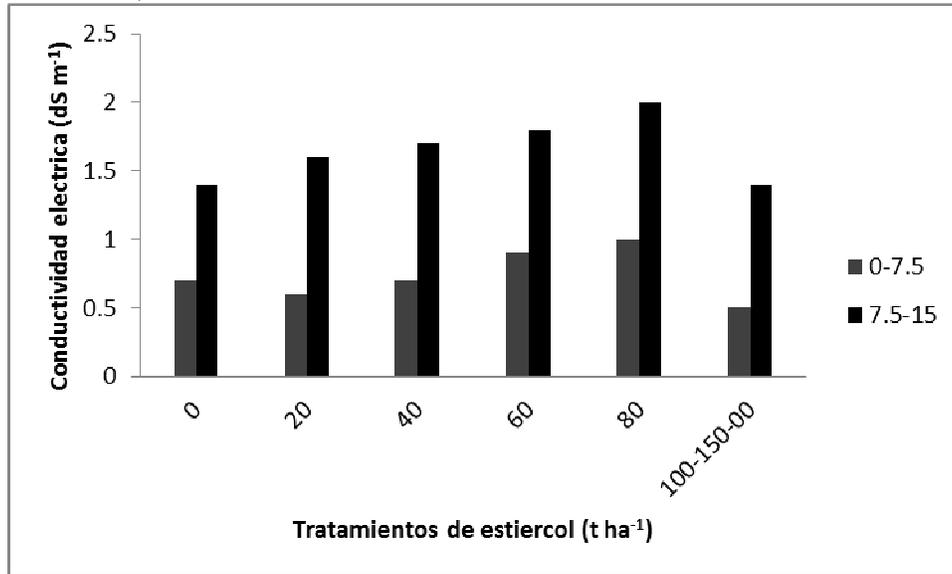


Figura 1. Conductividad eléctrica en dos profundidades. CAE-FAZ-UJED. 2012.

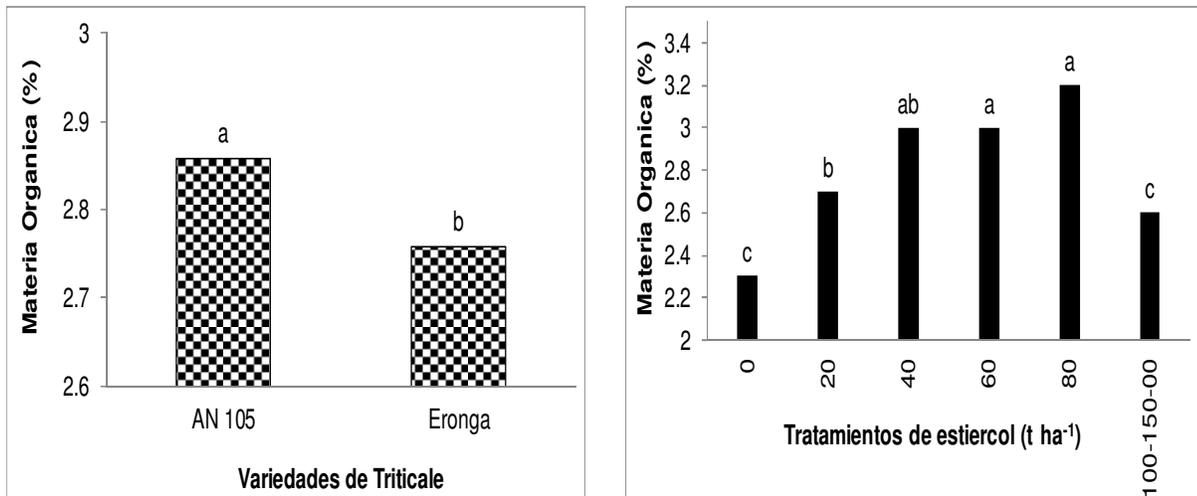


Figura 2. Materia Orgánica del suelo entre variedades de triticale y tratamientos de estiércol. CAE-FAZ-UJED, 2012.

Nitratos en el suelo

Los resultados de los Nitratos (NO₃) muestran que existe diferencia estadística en los tratamientos de estiércol bovino únicamente en el 2012 con $p > F$ de 0.0207 (Cuadro 2), siendo el tratamiento de 80 t ha⁻¹ de estiércol bovino el que presentó el valor más alto con 8.3 ppm, seguido del tratamiento de 60 t ha⁻¹ que reportó 5.7 ppm, los tratamientos de 20, 40 y el fertilizante químico resultaron estadísticamente igual con valores de 2.1, 4.3 y 2.6 respectivamente, el testigo reportó 1.7 ppm (Figura 3).

CONCLUSIONES

El mayor rendimiento se encontró en el tratamiento de 60 t ha⁻¹ de estiércol residual. La CE no presenta problemas a estas profundidades. La MO aumenta en relación a la dosis de estiércol. Entre las variedades el contenido de mo fue mayor en la AN105 que en la ERONGA. El contenido de nitratos solo difiere entre tratamientos pero entre profundidades su contenido es igual.

Cuadro 2. Analisis de varianza para los nitratos del suelo. CAE-FAZ-UJED. 2012.

Fuente de Variación	GL	Pr>F
R (Repetición)	2	0.1034
FA (Variedades de triticale)	1	0.8350
FB (Tratamientos de Estiercol)	5	0.0207*
PR (Profundidad)	1	0.1284
DMS variedades de Triticale		2.8122
DMS estiércol		3.8078
DMS profundidad		3.0676

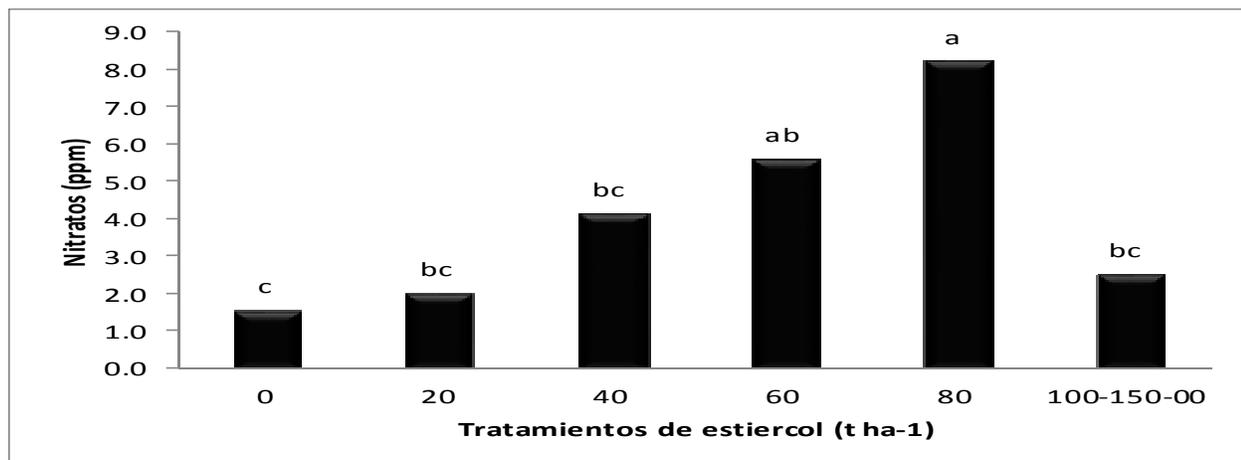


Figura 3. Nitratos del suelo en los tratamientos de estiércol. CAE-FAZ-UJED, 2012.

BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, L. O. 1981, Guía climática para la Comarca Lagunera CIAN-INIA -SARH. Matamoros Coahuila, México. p 174.
- Anuario estadístico de la producción agropecuaria 2006. PP. 665.
- Béjar Hinojosa Moisés y Karim Ammar (2002). El triticale una alternativa forrajera para el Norte de México; Folleto para productores N°7. Salaiques, Chih. México. Consultado en <http://www.engormx.com/tritvale> alternativa norte México s artículos 1425 AGR.htm- el 20-03-2010
- Flores, M. J. P. 2001. Nitrogen mineralization in agricultural soils treated with dairy manure under two soil water potentials. Dissertation, Doctor of Philosophy, New Mexico State University. Las Cruces, NM.p.130
- Flores Márgez Juan Pedro. Manejo y biodegradación de biosólido aplicados a la agricultura. P 52. Memoria de la XV semana internacional de agronomía FAZ-UJED septiembre de 2003 P 52.

PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE BRÓCOLI (*BRASSICA OLEARACEA*) CON LOMBRICOMPOSTA HECHA CON RESIDUOS DE HONGO SETA

Romero Arenas, O.^{1*}; Islas Gantes, V.²; Cabrera Huerta, E.²; Simón Báez, A.³

¹ Profesor-Investigador del Centro de Agroecología del Instituto de Ciencias-BUAP. Puebla, Puebla. México.

² Alumno de la Escuela de Ingeniería Agroforestal-BUAP. Puebla, Puebla. México.

³ Profesor-Investigador de la Escuela de Ingeniería Agroforestal-BUAP. Puebla, Puebla. México.

*Autor responsable: biol.ora@hotmail.com; Calle Priv. "A" Comonfort Núm. 4, Col. San Jerónimo Caleras, Puebla, Puebla-México. CP 72100; Tel. +52(222)-8898264

Resumen

La agricultura orgánica permite la producción de alimentos a bajos costos, al no depender de agroquímicos de alto valor monetario, además, promueve la soberanía e independencia económica y alimentaria, optimizando el uso de los recursos locales. En este sentido, el brócoli contribuye en la nutrición humana, y su valor nutritivo radica principalmente en su alto contenido de vitaminas y minerales, además de ser rico en hidratos de carbono, proteínas y grasa. Dada la importancia del cultivo de esta hortaliza, se prevé que en los próximos 50 años será necesario un incremento sin precedentes en la producción agrícola para satisfacer la gran demanda de la población mundial. El cultivo de brócoli en México, requiere de dosis altas de fertilizantes, por lo que es imperativa la búsqueda de nuevos métodos de producción agronómica y económicamente sustentables, por lo tanto, la presente investigación plantea la reducción en el uso de fertilizantes nitrogenados y fosforados sintéticos, por la utilización de residuos de hongo seta (sustrato a base de pajas) a través de la lombricultura, para la fijación biológica del nitrógeno y solubilización biológica del fósforo. Los resultados obtenidos a los 80 días de cultivo protegido en invernadero, mostraron que no hay diferencias significativas entre el tamaño y grosor del brócoli. El aprovechamiento de residuos de la producción de hongo seta (*Pleurotus ostreatus*) en el municipio de Tetela de Ocampo para la producción orgánica de brócoli, contribuirá en la reducción de la contaminación ambiental, dando una alternativa para los productores de brócoli a bajos costos.

Palabras clave: Producción orgánica; brócoli (*Brassica olearacea*); lombricultura

Introducción

El brócoli es una crucífera nativa de Asia Occidental y de las costas del Mediterráneo en Europa y se desarrolló a partir de un repollo salvaje que, mediante procesos de mejoramiento genético realizados desde 1920 en Estados Unidos, se transformó en el que hoy conocemos (Carranza *et al.*, 2008). El brócoli tiene un alto valor nutricional y medicinal, por sus propiedades antivirales y su alto contenido de cromo. Recientes investigaciones demostraron la presencia en esta hortaliza de una sustancia anticancerígena denominada sulforafano, que también se puede encontrar en la coliflor, las repollitas, la cebolla de rama y las habichuelas (Chirinos y Lazcano, 1996; Lazcano, *et al.*, 1997). En México se destinan 11,725 ha a la producción de brócoli, llevándose a cabo la producción en 14 estados, (Espinosa *et al.*, 2003), en el estado de Puebla se siembra en 24 municipios ocupando un área de 1,202 ha (SDR, 2010). Como se sabe, existen grandes extensiones de suelo no aptos para la agricultura, de los cuales se obtiene poco rendimiento debido al desgaste, el manejo inadecuado de los recursos naturales, intenso uso de agroquímicos, abuso de prácticas agrícolas, alto grado de mineralización y fuerte dependencia de insumos externos (Altieri, 2000). La degradación de los residuos orgánicos por procesos biológicos es un fenómeno que ha ocurrido desde tiempos muy

antiguos. El inicio de esta degradación ha sido de manera natural, como producto de la disposición de basuras domésticas, desechos industriales, estiércoles, desechos de cosechas, etc., que se han ido acumulando en capas sobre la superficie del suelo. Con todo ello se buscan alternativas que den solución a este tipo de problemas ya que día a día crecen de manera indiscriminada. Una de estas alternativas es la lombricultura, la cual, consiste en reciclado de desechos orgánicos por parte de la lombriz de tierra (*Eisenia foetida*) para obtener productos útiles para el hombre (Caballero *et al.*, 1992; Martínez, 1995). Uno de los tantos productos obtenidos de esta técnica es el humus de lombriz; un producto con buenas propiedades físicas, químicas y microbiológicas que lo hacen único de otros abonos orgánicos (Flores y Ferrera, 1995; Calderón y Ruiz, 2003).

Por lo antes expuesto este estudio plantea el uso de residuos de la producción de hongo seta (*Pleurotus ostreatus*) del Mpio. de Tetela de Ocampo Puebla para elaboración de humus de lombriz (*Eisenia foetida*) y su aplicación en el cultivo de Brócoli (*Brassica oleracea*) a nivel invernadero.

Materiales y Métodos

Este trabajo se realizó en el Invernadero de la Unidad de Lombricultura de la Unidad Regional Tetela de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, ubicado en Avenida Universidad, col. Benito Juárez Tetela de Ocampo Puebla. Se utilizó plántula de Brócoli var. Patriot. Se emplearon 2 camas con capacidad de 10 kg con suelo tamizado y se utilizó un diseño experimental de 2 tratamientos con 25 repeticiones cada uno: dosis de humus de lombriz (20 kg) obtenido de residuos de sustratos de la producción de hongo seta de en la Unidad Regional Tetela, y 20 kg de humus de lombriz, obtenido del centro de Agroecología de la BUAP (Foth y Ellis, 1988).

Preparación de suelo.

La preparación inicial del suelo se efectuó 20 días antes del trasplante, el cual consistió en extender el suelo en una superficie lisa, distribuyéndolo de tal manera que el grosor fuera aproximadamente de dos centímetros. Se dejó por un periodo de 72 horas (invernadero) a temperatura ambiente con la finalidad de eliminar la humedad presente. Para disminuir el tiempo de secado, se rompieron los agregados grandes presentes en el suelo con ayuda de un mortero. Durante el periodo de secado el suelo fue humedad.

Trabajo de invernadero.

Para este experimento se utilizaron semillas de Brócoli, var. Patriot, proporcionadas en la Unidad de lombricultura DICA-ICUAP. Se sembraron 50 semillas en una charola de 100 cavidades de poliestireno; se regaron cada tercer día. Una vez germinadas las semillas se prosiguió al trasplante el cual se efectuó a los 35 días en dos camas dentro de un invernadero de 1000 mts.

Se regaron al principio diariamente y posteriormente cada tercer día. Cada cama contenía 20 kg de humus de lombriz (*Eisenia foetida*) obtenida de residuos de la cosecha de hongo seta y de desechos orgánicos. Se aplicaron labores de campo durante el desarrollo de la planta.

Se evaluaron los siguientes parámetros:

- A) Diámetro de la pella; a cada pella se le hicieron dos mediciones para obtener una media con ayuda de un vernier de 12.5 cm.
- B) Peso fresco. La pella se separó del tallo cortándolo finamente a aproximadamente 10 cm. Se tomó su peso en fresco con ayuda de una balanza analítica.

Resultados y Discusión

Durante 11 semanas se llevó acabo monitoreo constate de las plantas así mismo cada semana se realizaban mediciones de altura y grosor del tallo de las plantas de ambas camas a partir de la tercera semana de marzo, también vigilando la humedad de los sustratos, que se regaba del diario con la cantidad requerida propiciando así la humedad constante. Los análisis de fertilidad de suelo del humus de lombricomposta elaborada de residuos de hongo seta (*Pleurotus ostreatus*), muestra que son adecuados para proporcionar los nutrientes necesarios en la producción orgánica de brócoli (*Brassica oleracea*) como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Análisis fisicoquímico realizados en el humus de lombriz, elaborada de residuos agotados de la cosecha de hongo seta (*Pleurotus ostreatus*) y residuos orgánicos.

Parámetro	Muestra	
	Sustrato Hongo Seta	Sustrato Lombricomposta
pH 1:2	7.4	7.2
Materia Orgânica %	50.0	30.0
Nitrógeno Total %	0.84	0.56
Fósforo total %	0.18	0.20
Na total %	0.19	0.05
Mg total %	0.37	0.24
Ca total %	5.94	2.83
K total %	0.75	0.21
Conductividad eléctrica dS/m	4.01	1.19

Los datos presentan que el desarrollo vegetativo durante las primeras semanas del experimento, muestran mayor desarrollo el sustrato de lombricomposta orgánica en comparación con el otro, sin embargo durante la semana 4, el desarrollo de brócoli (*brassica olearacea*) de ambas camas presentaron un incremento considerable en altura y grosor de tallo, casi al doble que en las semanas anteriores, mientras que en la semana 5, el incremento de altura y diámetro del tallo disminuyo quedando así un balance entre el desarrollo de los brócolis de ambas camas, en cuanto a las semanas restantes pertenecientes al mes de abril, el crecimiento y desarrollo de la inflorescencia, posteriormente en la semana 11. Los datos obtenidos para el sustrato de hongo seta mostraron una altura promedio de 48.1576 mm y 77.1576 mm en diámetro del tallo y para el sustrato de lombricomposta orgánica presento 48.573 mm en altura y 81.3076 mm de grosor. Los datos del diámetro y la altura de la pella del brócoli mostrados nos indican que el testigo "Sustrato Lombricomposta orgánica" produce un mayor diámetro y altura que el tratamiento con residuos de hongo seta como se muestra en la Fig-1, sin embargo no existe diferencias significativas al aplicar un análisis de t de student dos variables, posteriormente se determino la significancia al ($p > 0.05$).

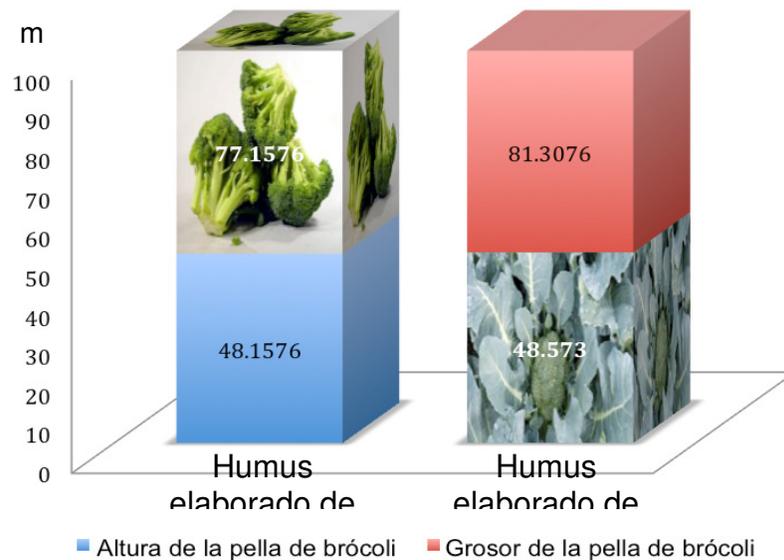


Figura 1. Comparación de altura y grosor de la pella de brócoli en diferentes sustratos orgánicos.

Conclusiones

Al concluir con el análisis de los datos del desarrollo vegetativo del brócoli con dos tipos de sustratos se llega a la conclusión de que presentó mejores resultados el sustrato lombricomposta en comparación con la lombricomposta hecha con el sustrato de hongo seta, en el incremento de altura y diámetro del tallo durante su crecimiento, sin embargo el sustrato de hongo seta mostro resultados similar es al del otro sustrato que dando así como una alternativa para su uso como abono orgánico.

Agradecimientos

Los autores agradecen al instituto de ciencias por el apoyo brindado para realizar la presente investigación, así mismo brinda un reconocimiento a la Vicerrectoría de Investigación y estudios de posgrado VIEP por su trayectoria en la gestión de programas de investigación en donde los jóvenes universitarios desarrollan sus habilidades y conocimientos.

Bibliografía

- Altieri, M. A., Nicholls C. I. 2000. Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. 1a edición.
- Caballero, R.; J. E. Gandarilla; O. Pacheco; Denia Pérez y M. Sánchez. 1992. "Uso del humus de lombriz como alternativa del fertilizante mineral en el cultivo de la papa sobre un suelo ferrítico". En Programa y Resúmenes del VIII Seminario Científico y 1 Taller Internacional sobre Biofertilización en Los Trópicos. INCA. La Habana, Cuba, 18-20 nov., 1992. p. 61.
- Calderón, F. E., F. Martínez y J.A. Ruiz. 2003. Manual para la producción y uso de humus de lombriz. (Eds) Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), México., Instituto de Suelos, Ministerio de la Agricultura, Cuba. 1ra. Edición. pp. 11- 84.
- Carranza, C, Lancho, O, Miranda, D, Melba, RS, Chaves, B. 2008. Modelo simple de simulación de distribución de masa seca en brócoli (*Brassica sp.*) variedad Coronado y repollo (*Brassica oleracea*) híbrido Delus cultivados en la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana* 26(1):23-31.
- Chirinos, H. U. y Lazcano, F. I. 1996. Brócoli. Mejores rendimientos balanceando su fertilización N, P, K y Mg. Instituto de la Potasa y el Fosforo A.C. México y Norte de Centroamérica - Potash y Phosphate Institute. *Informaciones Agronómicas*. 1(7) 7-9.
- Espinosa P. M., Enríquez R. S., Cervantes M. A., Ramos N. M. J., Silva K. A. 2003. Cadena Agroalimentaria de brócoli Etapa IV Trayectoria y Prospectiva de la Oferta tecnológica. Plan Estratégico de investigación y transferencia de tecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. Fundación Guanajuato Produce, A.C.
- Flores-García, A. y R. Ferrera-Cerrato. 1995. Uso de la vermicomposta en la producción de hortalizas. pp. 138. In: *Memorias de la 1 Reunión Internacional de Ecología Microbiana*. CINVESTAVIPN. Distrito Federal, México.
- Foth, H. D., Ellis B. G. 1988. "Soil Fertility." John Wiley & Sons, New York.
- Lazcano, F. I., M. McCully, y H. Chirinos V. 1997. Los beneficios del uso de K₂SO₄-2MgSO₄. In: *La fertilización balanceada de brócoli en el Bajío de México*. 3rd Fertilizer Latin America International Conf. Instituto de la Potasa y el Fósforo. A. C. (ed). Querétaro Qro. pp 7-9.
- Martínez, C. 1995. Alternativa para la producción de abonos en la agricultura campesina de la Sierra Tarahumara. II Encuentro de Agricultura Ecol. y Desarrollo Sustentable. 16-17 de Agosto.
- Martínez, C. 1995. Beneficios directos de la lombricultura. Parte 1. Boletín Divulgativo Agricultura integral, A.C. Tepoztlán, Morelos.
- Secretaría de Desarrollo Rural, Gobierno del Estado de Puebla. (2010). Cadenas productivas de Cultivos del Estado de Puebla, México. p: 553-576.

MAÍZ FORRAJERO CON APLICACIONES DE ESTIÉRCOL SOLARIZADO EN LA COMARCA LAGUNERA

Salazar-Sosa, E.¹; Trejo-Escareño, H. I.¹; López-Martínez, J.D.¹; Salazar-Meléndez, E.²

¹Universidad Juárez del Estado de Durango. Venecia, Durango. México.

²Universidad Juárez del Estado de Durango. Venecia, Durango. México. (estudiante de Doctorado)

*Autor responsable: fazujed@yahoo.com.mx; Calle Alejandría Núm. 470, Col. Torreón Residencial, Torreón, Coahuila. México. CP 27250; Tel. +52(871)-727-9626

Resumen

El presente trabajo se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia, durante el ciclo agrícola primavera-verano 2009. Consistió en analizar el efecto de la mineralización del estiércol de bovino solarizado en la producción de maíz forrajero; los factores de estudio fueron: la densidad de siembra (67,000 y 88,800 p ha⁻¹) y cuatro tratamientos de estiércol (0, 40, 80 y 120 t ha⁻¹) y un testigo de fertilización química (150-150-0). Los resultados obtenidos fueron, 93.1 t ha⁻¹ en el tratamiento de 120 t ha⁻¹ para producción de forraje verde. Con respecto al suelo la diferencia estadística se muestra en las profundidades, siendo el estrato de 0-30 cm de profundidad el que tiene mayor CE, MO, Nitratos y pH, con valores de 4.3 dSm⁻¹, 2.6 %, 9.4 mg kg⁻¹ y 7.1 respectivamente; con respecto a los tratamientos se presentó diferencia estadística para el contenido de nitratos, donde la concentración más elevada de estos se registró en 120 t ha⁻¹ de estiércol, con 6.1 mg kg⁻¹

Palabras clave: Forraje; maíz; estiércol solarizado

Introducción

La producción orgánica es un sistema que emplea insumos naturales y prácticas como la aplicación de compostas y abonos verdes, uso de repelentes y fungicidas a base de plantas y minerales entre otras, prohibiendo el uso de pesticidas y fertilizantes de síntesis química (Gómez *et al.*, 2003); se caracteriza por garantizar al consumidor el suministro de alimentos libres de contaminantes, de alta calidad y en cantidades suficientes. El mantener una adecuada cantidad de humus en el suelo, el empleo de técnicas agrícolas que sean respetuosas con el medio ambiente y la conservación del suelo, la rotación de cultivos, así como la eliminación de técnicas y productos contaminantes forman parte de los principios fundamentales de la agricultura orgánica (Fortis *et al.*, 2007).

La producción orgánica basada en las características y principios anteriores ha sido aceptada mundialmente siendo Oceanía quien mayor superficie orgánica posee (39%), seguido de Europa (21%) y de América Latina (20%) (Willer *et al.*, 2006). México cuenta aproximadamente con 307,693 ha de superficie cultivada de manera orgánica; destacando los estados de Chiapas y Oaxaca con 86,384.36 y 52,707.85 ha respectivamente (Valero, 2007). México produce cultivos orgánicos, entre los que destacan el café, frijol, hortalizas, maíz azul y blanco, manzana, nueces, papaya, plátano, soya, entre otros, ocupando el primer lugar el café, mientras que el maíz ocupa el quinto sitio (Fortis *et al.*, 2007). El maíz al igual que cualquier cultivo requiere de una cantidad suficiente de nutrientes para satisfacer sus necesidades, sin embargo los nutrientes que demanda el cultivo son deficientes en el suelo, estos pueden ser aportados por fertilizantes orgánicos como estiércoles y residuos de cosecha (Salazar *et al.*, 2003).

En la Comarca Lagunera se encuentra la cuenca lechera más importante del país con más de 400,000 cabezas de ganado bovino, debido a esto se genera una gran cantidad de desechos orgánicos (estiércol), tomando en cuenta que cada cabeza excreta 32.9 kg por día de estiércol, al mes se genera una cantidad de 12'495,716 toneladas, que actualmente no están siendo utilizadas en algún tratamiento, si no que en algunas partes de la región está siendo uno de los elementos de contaminación al medio (Luévano y Velázquez, 2001).

Materiales y Métodos

El experimento fue realizado en el campo agrícola experimental en la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED (CAE-FAZ-UJED), ubicado en el km 28 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Dgo., en el ejido Venecia, Mpio. de Gómez Palacio, Dgo. El clima es seco desértico o estepario cálido con lluvias en el verano e inviernos frescos (Köppen modificado por García, 1981). La precipitación pluvial es de 258 mm y la temperatura media anual es de 22.1 °C, con rangos de 38.5 °C como media máxima y 16.1 °C como media mínima.

La evaporación anual media aproximadamente es de 2396 mm. La presencia de las heladas ocurren de noviembre a marzo y raras veces en octubre y abril; mientras que la presencia de granizo ocurre entre mayo y junio. Los suelos nativos son de aluvión, tipo aridosol, con un contenido pobre de materia orgánica (0.9 %). El tipo de suelo en el que se trabajo es arcilloso.

Las características del estiércol que se utilizó fueron: pH de 7.6, CE de 0.63 dS m⁻¹, MO de 5.47%, N total de 1.12%, amonio (NH₄) 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, el estiércol tenía 8% de humedad al momento de aplicarlo.

Los factores en estudio fueron la densidad de siembra del cultivo (67,000 y 88,800 p ha⁻¹) y estiércol solarizado (0, 40, 80 y 120 Mg ha⁻¹) más un testigo químico (150-150-0). El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con un arreglo en franjas, con cuatro repeticiones (Martínez, 1996). La siembra se realizó con sembradora de golpe durante en el verano del 2009, utilizando la variedad San Lorenzo, con distancias entre surcos de 0.75 m de separación.

Resultados y Discusión

Producción de forraje verde

El análisis de varianza muestra una significancia estadística en la producción de forraje verde para el factor estiércol, con una Pr > F de 0.0001, en donde el tratamiento de 120 Mg ha⁻¹ obtuvo una biomasa de 93.1 Mg ha⁻¹ de forraje verde, el de 0 aplicación obtuvo la menor cantidad de biomasa con 34 Mg ha⁻¹, estos datos se muestran en el cuadro 1. Los resultados obtenidos fueron superiores a la media regional de 45 Mg ha⁻¹ (Reta *et al.*, 2002).

Conductividad electrica

Los resultados referentes a la C.E. en el suelo (dSm⁻¹) de acuerdo con el análisis de varianza muestra diferencia significativa para la profundidad con un Pr > F de 0.0002, La comparación de medias para la profundidad se muestra en la Figura 1, el valor más alto fue del estrato 0-30 cm con 4.3 dSm⁻¹ y el valor más bajo fue el estrato de 60-90 cm con un valor de 2.6 dSm⁻¹.

La aplicación de estiércol con el tiempo tendrá un efecto positivo en el suelo, sin embargo se debe tener un especial cuidado en la conductividad eléctrica, ya que esta tiende a aumentar y una conductividad eléctrica alta se relaciona con un alto contenido de sales (Castellanos *et al.*, 2000), por tal motivo los valores más altos de C.E. se muestran en los tratamientos con las dosis mayores de estiércol.

Cuadro 1. Medias de producción de forraje verde de maíz por tratamiento de estiércol. DEP-FAZ-UJED 2009.

Estiércol solarizado	Forraje verde
----- Mg ha ⁻¹ -----	
0	34.0 b
40	87.7 a
80	86.7 a
120	93.1 a
F.Q.	84.6 a

DMS (0.05): 16.3, F.Q.(150-150-0)

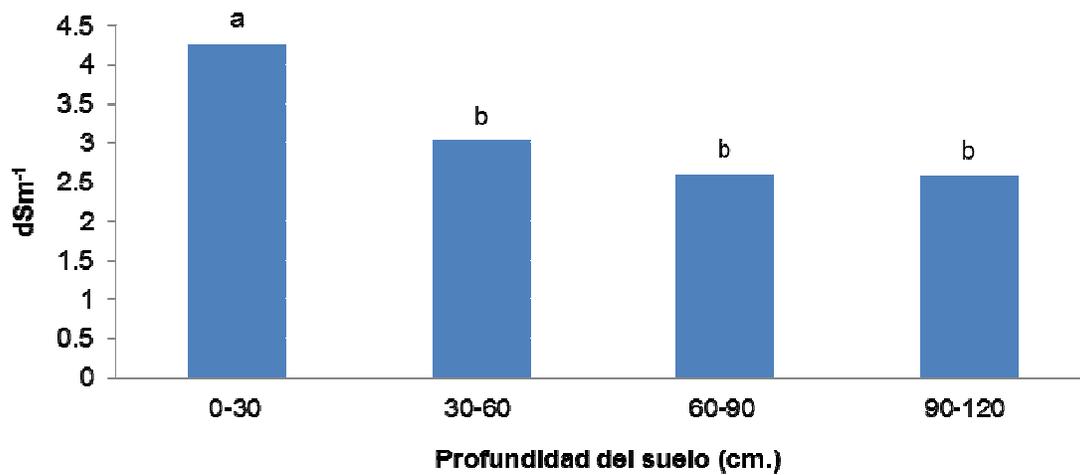


Figura 1. C.E. en el suelo por profundidad para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED, 2009.

Materia orgánica

Para la variable MO el análisis de varianza muestra diferencia significativa para la profundidad con un Pr > F de <.0001. La comparación de medias para la profundidad se muestra en la Figura 2, siendo el estrato de 0-30 cm el que contiene mayor cantidad de MO con 2.6% y el estrato de 90-120 cm obtuvo el menor contenido de MO con 0.6%. Al aumentar la dosis de estiércol de igual manera aumenta la cantidad de materia orgánica en el suelo, por tal motivo el estrato 0-30 cm es el de mayor contenido de materia orgánica. (Figueroa, 2003).

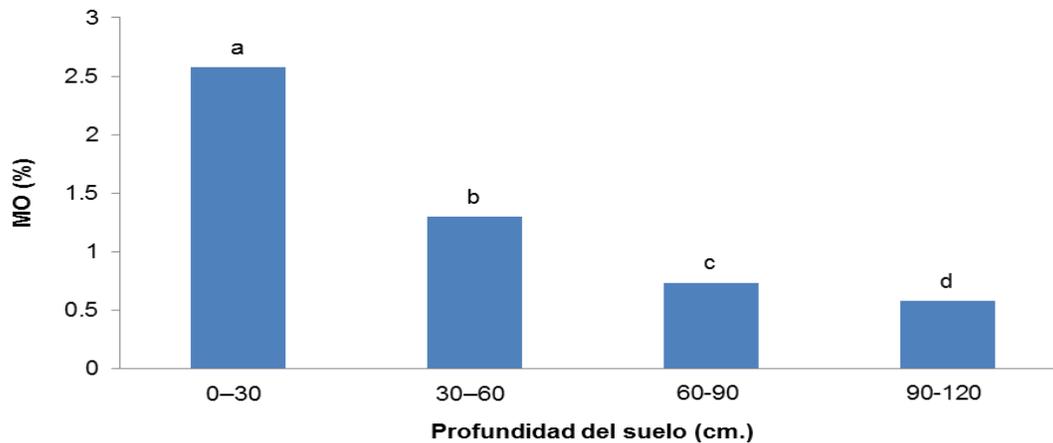


Figura 2. MO en el suelo según la profundidad para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2009.

Nitratos

El análisis de varianza muestra que hubo diferencia significativa para los tratamientos de estiércol y para la profundidad donde se obtuvo una $Pr > F$ de 0.0392 y de $<.0001$ respectivamente. El contenido de nitratos en el suelo según el estiércol se muestra en la Figura 3 donde la concentración más elevada de estos se registró en 120 t ha^{-1} con 6.1 mg kg^{-1} y la de menos concentración fue la de 0 t ha^{-1} con 3.2 mg kg^{-1} . Para la profundidad el estrato que mostro más concentración fue el de 0-30 cm con 9.4 mg kg^{-1} y el que menos concentración fue el estrato de 90-120 cm con 2 mg kg^{-1} esto se muestra en la Figura 4. El contenido de nitratos es mayor en el primer estrato del suelo, ya que las condiciones de humedad, aireación y temperatura son más favorables para la transformación del nitrógeno a nitratos mediante la mineralización (Vázquez *et al.*, 2001).

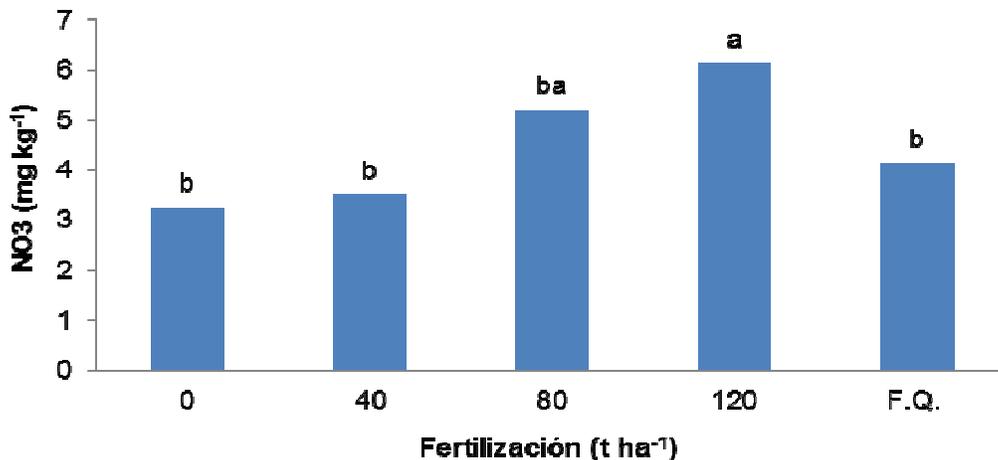


Figura 3. Nitratos (NO₃) en el suelo según la dosis de estiércol para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED, 2009.

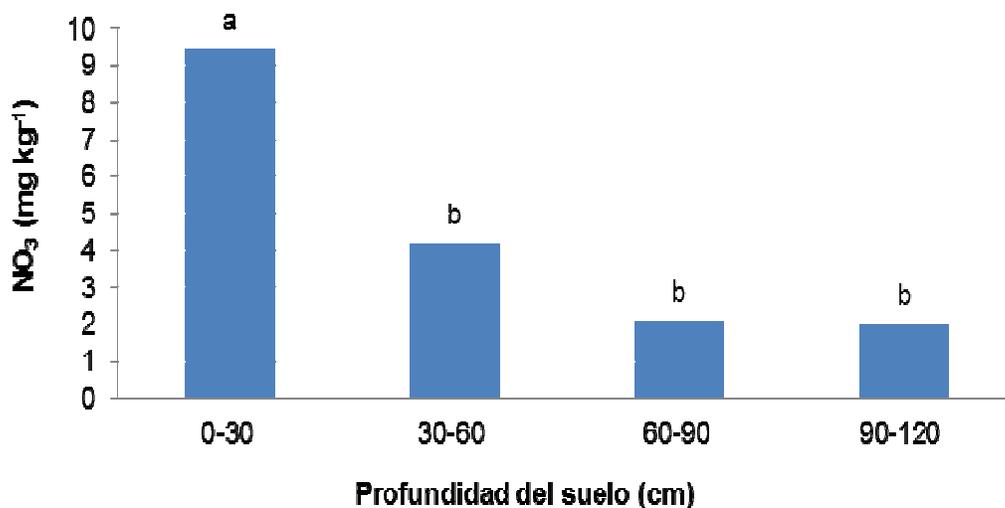


Figura 4. Nitratos (NO₃) en el suelo según la profundidad para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2009.

Potencial hidrogeno (pH)

El análisis de varianza realizado para pH indica una diferencia significativa en la profundidad con un $Pr > F$ de 0.0093. La comparación de medias para la profundidad de pH se muestra en la Figura 5; en el horizonte de 0-30 cm se encontró el valor más alto de pH con 7.1 y en el horizonte de 90-120 cm se encontró el valor más bajo con un pH de 6.7. Las condiciones ambientales óptimas para la mineralización de abonos orgánicos incluyen un pH de 6 a 8 (Tate, 1995), encontrándose los valores obtenidos dentro de este rango, lo cual beneficia este proceso.

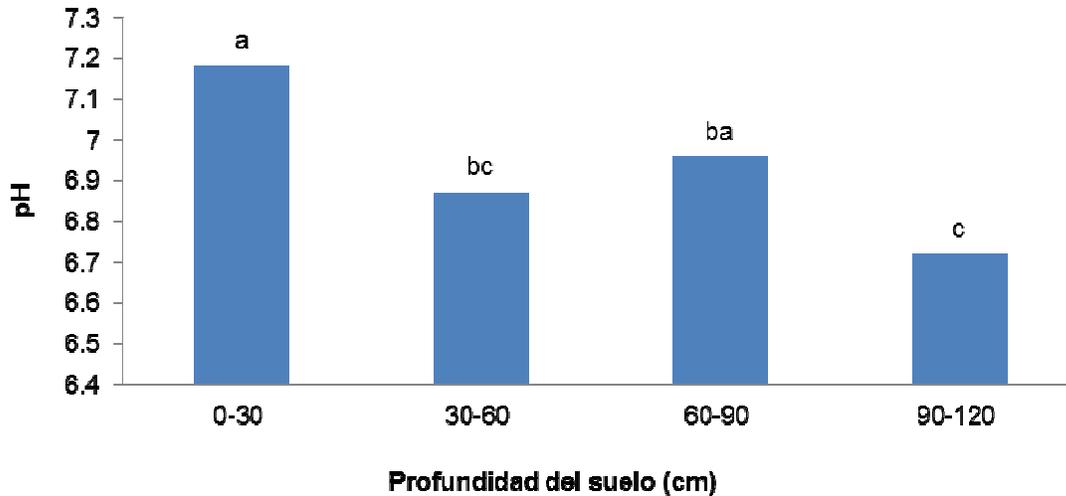


Figura 5. Medias de pH en la profundidad del suelo para el cultivo de maíz. DEP-FAZ-UJED 2009.

Conclusiones

La producción de forraje verde de 93.1 t ha^{-1} rebasó la producción promedio de la región con el tratamiento de 120 t ha^{-1} , debido a que las condiciones que aportaron la dosis de estiércol, el riego superficial y las temperaturas óptimas influyeron en el desarrollo del cultivo. Según los análisis de suelo los valores obtenidos indican que el suelo del proyecto se encuentra dentro de las condiciones necesarias para que el cultivo del maíz se desarrolle normalmente, puesto que el pH varía de 6.7 a 7.1, cuando el ideal para el cultivo es de 6 a 8 de pH; la conductividad eléctrica osciló de 2.6 a 4.3 dSm^{-1} ; se obtuvo 2.6% de materia orgánica y 9.4 mg kg^{-1} de nitratos; dichos resultados se dieron en el estrato 0-30 cm y a una mayor dosis de estiércol aumentaron los valores.

Bibliografía

- 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.
- Figuroa V., U. 2003. Uso sustentable del suelo en abonos Orgánicos y Plasticultura. Gómez Palacio, Durango, México. FAZ UJED SMCS Y COCYTED.
- Fortis M., Salazar E., Orona C.I., Leos R.J., Rodríguez R.C., Montemayor T.J., García S.J., Aldaco N.R. 2007 Capítulo 1 Estadística de la producción orgánica. Uso y aprovechamiento de los abonos orgánicos e inorgánicos e inocuidad. Impresos selectos ARAC.
- García E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Editorial Offset Larios, S. A. México, D.F.
- Gómez Cruz, M.A., Gómez Tovar, L. y Schwentesius Rindermann, R. 2003. México como abastecedor de productos orgánicos. Rev. Comercio Exterior. Vol. 53, No. 2. México, D.F.
- Luévano G.A., Velázquez N.E. 2001. Ejemplo singular en los agronegocios, Estiercol Vacuno: de problema ambiental a excelente recurso. Revista Mexicana de Agonegocios, Julio-Diciembre. Pp 306-308..... Volumen y Numero??
- Martínez GA. 1996. Diseños experimentales: métodos y elementos de teoría. Ed. Trillas. 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.
- 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 (*Lycopersicum esculentum* Mill) bajo riego subsuperficial. Publicado en Phytion, Argentina..... Cita : completar.....vol, num, pags.
- Tate, R.L. 1995. Soil Microbiology. John Wiley & Sons. New York, NY.
- Valero C.J. 2007. Agricultura Orgánica, Generalidades en México. Campo experimental "El Verdineño", INIFAP, Nayarit, México. RNIAP, Memorias 2007.
- Vázquez V.C., Reyes O.M., Salazar E., Figuroa V.R., López M.J. Orona .I., Zuñiga T.R., Jiménez F. 2008. Solarización del estiércol de bovino para producción de abono orgánico inocuo en la comarca Lagunera. AgroFAZ. 8(2):xx-xx.
- Willer Helga and Minou Yussefi. 2006. The world of organic agricultre. Statistics and emerging trends 2006. International federation of organic agriculture movements (IFOAM), Bonn Germany & Research institute of organic agriculture FiBL, Frick, Switzerland.

BACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO DE PLANTAS DE (*Prosopis glandulosa*), Y SU EFECTO EN MEZQUITE CHILENO (*Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz)

Villegas-Espinoza, J.A^{1*}; Rueda-Puente, E.O².; Beltrán-Morales, F.A¹.; Ruiz-Espinoza F.H¹.

¹Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur, México.

²Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México.

*Autor responsable: jvillegas@uabcs.mx; Carretera al sur Km 5.5, Apartado Postal 19-B, C. P. 23080. La Paz, Baja California Sur, México. Tel. (612)-12 388 00.

Resumen

Algunas zonas áridas y semiáridas en nuestro país México, han sido perturbadas por la actividad del hombre para obtener un bien económico por esta razón se está utilizando la reforestación con mezquite para áreas dañadas; la importancia ecológica del mezquite juega un papel importante en el medio ambiente. Para esta investigación, se propone la utilización del mezquite (*Prosopis chilensis*), con la interacción de Bacterias Promotoras de Crecimiento de Plantas (BPCP); microorganismos benéficos. La utilización de BPCP, pueden reducir la fertilización sintética, ya que incrementa la salinidad en el suelo, subsuelo y mantos acuíferos. En base a lo anterior, se llevó a cabo el siguiente objetivo evaluar el efecto promotor del crecimiento de plantas de mezquite (*P. chilensis*) por medio de la inoculación de *Bacillus amyloliquefaciens* y *Azospirillum halopraeferens* en germinación *in vitro*. Bajo condiciones de laboratorio se evaluó el porcentaje y tasa de germinación. Los resultados indican que, al evaluar *B. amyloliquefaciens* en condiciones *in vitro*, comparada con el control *A. halopraeferens*, el porcentaje de germinación disminuye conforme la salinidad se incrementa. Sin embargo, estas variables fueron favorecidas positivamente por la inoculación de *A. halopraeferens* y *B. amyloliquefaciens*. Cabe indicar que lo anterior fue mostrado considerando inmersiones de semilla en agua hirviendo durante 0 y 8 minutos. Por lo anterior, el presente estudio muestra y confirma que la asociación de bacterias benéficas asociadas a la rizósfera de *Prosopis glandulosa*, es un aporte a la investigación sobre la detección de bacterias promotoras de crecimiento vegetal con posible potencial agrícola-forestal.

Palabras clave: *Bacillus amyloliquefaciens*; *prosopis chilensis*; *azospirillum halopraeferens*

Introducción

En la actualidad se están perturbando comunidades de plantas naturales por la acción del hombre, hay que tener una comprensión cada vez mayor de los mecanismos que funcionan en ecosistemas naturales para poder manejar áreas dañadas y como también restaurar y estabilizar el medio ambiente. El estado de Sonora y la península de Baja California, son uno de los estados áridos de México (García, 1988; Mas *et al.*, 2002). El interés ecológico del mezquite (*Prosopis* spp), radica en el medio ambiente como planta fijadora de nitrógeno (Rzedowski, 1983; Heiseke, 1984; Golubov *et al.*, 2001). Un género representativo de reproducción en zonas áridas es *Prosopis* L. (Fabaceae) que constituye un recurso muy importante en muchas regiones áridas y semiáridas del mundo. En el estado de Baja California, Baja California Sur y Sonora, *Prosopis* spp., tiene una distribución amplia (López-Franco *et al.*, 2006). Se ha identificado este árbol como recurso para establecerlo en comunidades del desierto de Sonora. En estudios realizados en India muestran que la semilla puede ser utilizada como fuente alternativa de proteínas de consumo humano, eliminando los factores antinutricionales mediante tratamiento de calor o cocción (Medina y Cardemil, 1993). También sus

hojas se utilizan en la medicina tradicional; la madera se utiliza para la fabricación de muebles, construcciones rurales y elaboración de carbón (Solís y Espericueta, 2005; López-Franco *et al.*, 2006). Por otra parte *P. chilensis* es una especie representativa en su género, ya que puede ser utilizado para reforestar escuelas de educación primaria y jardines de niños situados en las comunidades de áreas con escasa humedad y alta salinidad del estado de Sonora. Sin embargo, para la reproducción de *P. chilensis*, este es limitado por una carencia del nitrógeno disponible en suelo. Esta condición afecta su potencial de crecimiento y de reproducción. Tradicionalmente los viveros bajo riego en condiciones de campo en el desierto de Sonora, para reproducir mezquite aplican fertilizantes químicos para compensar la deficiencia de nitrógeno. Sin embargo, el uso indiscriminado de este tipo de fertilizantes, puede aumentar la salinidad y dañar seriamente la estructura y composición de la microflora del suelo. Estudios relacionados con la interacción planta microorganismo en *Prosopis* spp., se limitan a estudios únicamente con micorrizas. Sin embargo con relación a bacterias promotoras de crecimiento de plantas autóctonas de ambientes áridos-salinos se reducen a unos pocos. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto promotor del crecimiento de plantas de mezquite (*P. chilensis*) por medio de la inoculación de *B. amyloliquefaciens* y *A. halopraeferens* en germinación *in vitro*.

Materiales y Métodos

El presente estudio se llevó a cabo en el Laboratorio Agrícola “Dr. Félix Ayala Chairez” de la División de Ciencias Administrativas, Contables y Agropecuarias de la Universidad de Sonora, Campus Santa Ana. Durante el verano (junio-julio) de 2006 se colectaron vainas maduras de un árbol de mezquite chileno (*P. chilensis* (Mol.) Stuntz). Posteriormente las vainas se depositaron en un recipiente térmico o hielera a 4 °C. Las semillas se homogenizaron en base a tamaño y apariencia. Con el propósito de determinar la viabilidad de las semillas, se lavaron en agua potable siguiendo el criterio de flotabilidad, desechando aquellas que flotaron. Posteriormente se desechó el agua y se adiciono un desinfectante denominado Tween 20, al 2% y se mantuvo así durante 10 minutos en agitación constante a una velocidad de 150 rpm utilizando una agitadora marca EBERBACH. Después se desechó el desinfectante con agua destilada estéril. Enseguida se adiciono hipoclorito de sodio (NaClO₃) al 3% y se mantuvo así durante cinco minutos en agitación. Por último se decantó el hipoclorito de sodio y se lavaron las semillas cinco veces (Carrillo *et al.*, 1998).

Pruebas de germinación *in vitro*

Se preparó el cultivo de la bacteria, que presentó una fase de crecimiento exponencial (15 h); se realizó un ajuste en los cultivos bacterianos empleando un espectrofotómetro (espectro maestro FISHER SCIENTIFIC 415), Carrillo *et al.* (1998). Posteriormente se depositaron 5 semillas en cada una de las cajas Petri, agregando 20 mL de la solución salina correspondiente (0, 0.25, 0.5 y 0.75 M de NaCl). Los tratamientos se colocaron en una cámara de germinación en condiciones de luz blanca-continua, 27 °C ± 0.5 °C y a 35% ± 1% de humedad relativa. Un total de 600 semillas de mezquite chileno fueron tratadas por escarificación en agua hirviendo expuestas a los siguientes tiempos (0 y 8 minutos) donde se utilizaron 300 semillas para cada uno de los tratamientos, se utilizó la bacteria *A. halopraeferens* Au4T DSM 3675T y la bacteria *B. amyloliquefaciens* a una concentración de 1X10⁸ UFC/mL., microorganismos identificados de raíz y suelo de mezquite (*P. glandulosa*) y un control sin inocular se usaron un total de 300 cajas petri, utilizando cinco cajas por repetición en los tratamientos de salinidad. El estudio de germinación se desarrolló durante siete días. La tasa de germinación fue calculada de acuerdo a Maguire (1962) con la ecuación: $M = n_1/t_1 + n_2/t_2 + \dots + n_7/t_7$. Donde n₁, n₂, ..., n₇ representan el número de semillas germinadas en el tiempo t₁, t₂, ... t₇ (en días). El porcentaje de germinación fue evaluado mediante la observación de la emergencia de la radícula (2 mm de longitud). El diseño experimental que se empleó fue un completamente al azar con 12 tratamientos, con un arreglo trifactorial 3X4X2; (2 bacterias y un control, 4 niveles de salinidad y 2 tiempos de escarificación). Utilizando este mismo diseño, se

realizaron análisis de varianza del porcentaje de germinación transformando previamente los valores con arcoseno (Sokal y James, 1988). Se utilizó la prueba de Rango Múltiple de Duncan ($P < 0.05$), utilizando el programa de cómputo estadístico SAS Versión 6.12 (SAS, 2001).

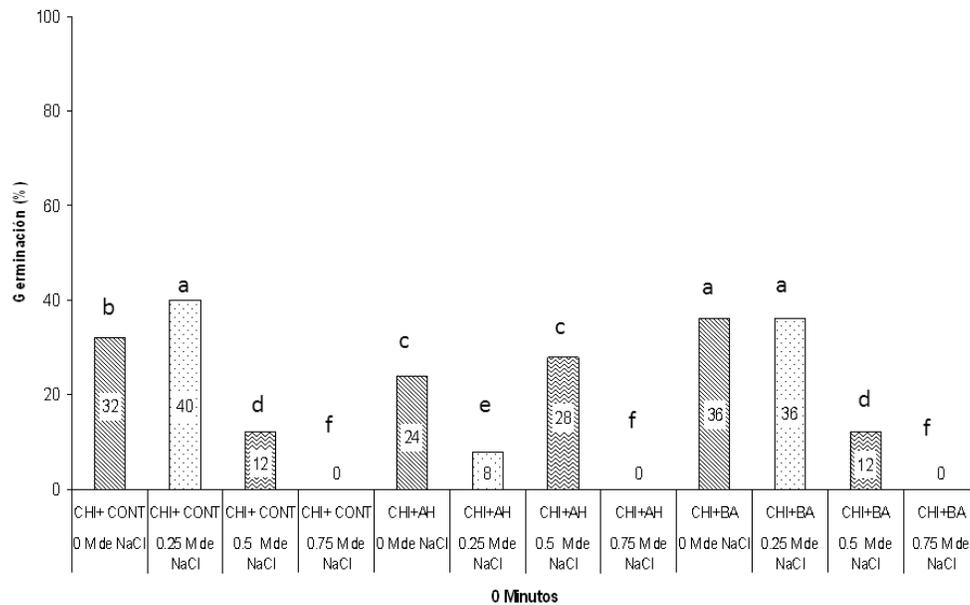


Figura 1. Porcentaje de germinación (%) de *P. chilensis* con tiempo de escarificación de 0 minutos, (CHI= semilla de mezquite chileno, CONT=control, inoculantes AH= *A. halopraeferens*, BA= *B. amyloliquefaciens*), bajo cuatro concentraciones de NaCl (0, 0.25, 0.5 y 0.75 M), letras diferentes indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

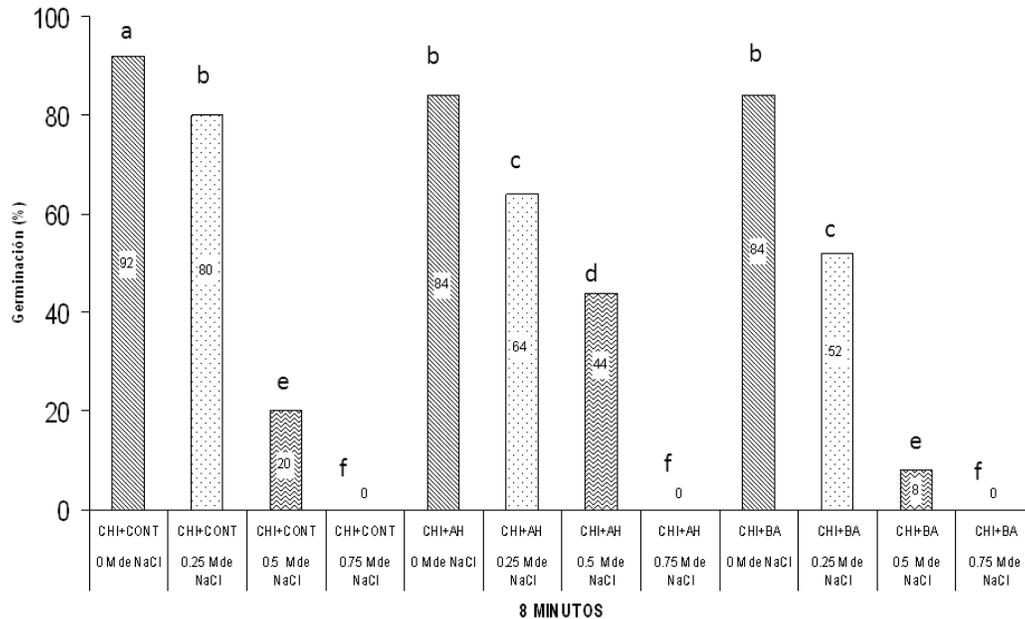


Figura 2. Porcentaje de germinación (%) de *P. chilensis* con tiempo de escarificación de 8 minutos, (CONT=control, CHI= semilla de mezquite chileno, inoculantes AH= *A. halopraeferens*, BA= *B. amyloliquefaciens*), bajo cuatro concentraciones de NaCl (0, 0.25, 0.5 y 0.75 M), las letras indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

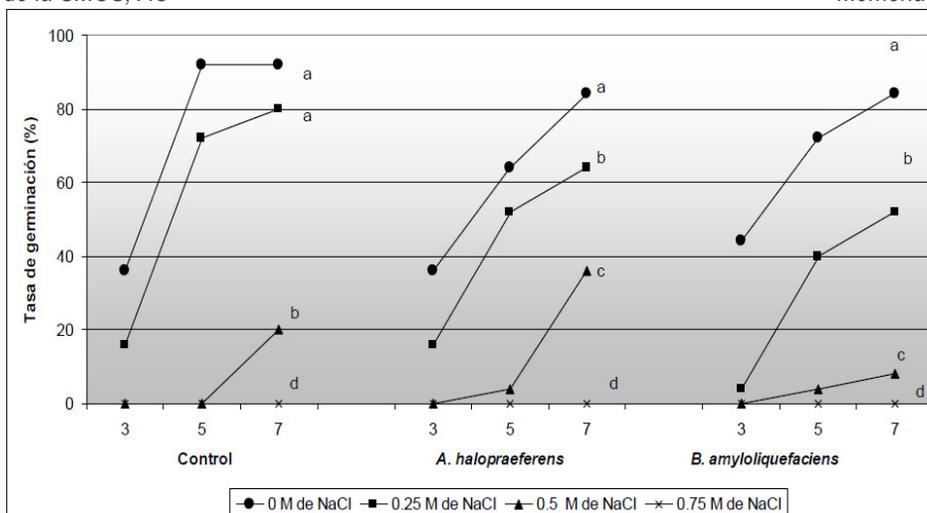


Figura 3. Efecto de la Tasa de germinación (%) de *Prosopis chilensis*, por *A. halopraeferens* y *B. amyloliquefaciens*, con su respectivo control sin inoculante bajo cuatro concentraciones salinas (0, 0.25, 0.5 y 0.75 M de NaCl), a un tiempo de escarificación de ocho minutos, las letras indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

Resultados y Discusión

Germinación in vitro a un tiempo de escarificación de 0 minutos

De acuerdo a los resultados obtenidos considerando cero minutos de escarificación, se observó que el mejor porcentaje de germinación lo presentó el tratamiento con la bacteria *B. amyloliquefaciens* y el tratamiento control de mezquite chileno a una salinidad de 0.25 M de NaCl (40% y 38% respectivamente), presentando diferencias significativas en comparación de los restantes tratamientos. Cuando los tratamientos se vieron sujetos a una salinidad de 0.5 M de NaCl tuvieron un menor porcentaje de germinación; a 0.75 M de NaCl se inhibió la germinación de la semilla de mezquite chileno en todos los tratamientos (Figura 1).

Germinación in vitro a un tiempo de escarificación de 8 minutos

Se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el control sin inoculantes, las bacterias en estudio y entre las salinidades. Se observó que el control sobresale a 0 y 0.25 M de NaCl. Sin embargo conforme se incrementa la salinidad, los tratamientos inoculados superan al control sin inoculante. Cabe indicar que *A. halopraeferens* ligeramente es superior a *B. amyloliquefaciens* en las cuatro salinidades (Figura 2).

Los resultados obtenidos en la tasa de germinación sin considerar la inoculación de *A. halopraeferens* y *B. amyloliquefaciens*, destacan aquellos que son expuestos a 0 y 0.25 M de NaCl. Por su parte, los tratamientos donde se inoculó únicamente *A. halopraeferens* los resultados obtenidos indican que a 0 M de NaCl, la tasa de germinación es favorecida de manera significativa con $P < 0.05$. En comparación con las demás salinidades. Los resultados obtenidos en semilla escarificada durante 8 minutos e inoculada posteriormente con la bacteria *B. amyloliquefaciens*, se muestra que entre salinidades existió diferencia significativa, sobresaliendo la de 0 M de NaCl ($P < 0.05$). Los resultados indicaron que conforme la salinidad aumenta, el efecto en la tasa de germinación, se ve afectada negativamente (Figura 3).

Los resultados *in vitro* con las cuatro concentraciones salinas de 0, 0.25, 0.5 y 0.75 M de NaCl arrojaron, que el porcentaje de germinación se redujo por el efecto de la salinidad Khan *et al.* (1976); Felker *et al.* (1981), excepto para aquellos inoculados con las bacterias del estudio a una molaridad de 0 a 0.25 M de NaCl. Se pudo observar que por arriba del 5% de NaCl (0.856 M), inducen a las semillas a un estado de latencia Khan *et al.* (1976); Mc Graw y Ungar (1981); Felker *et al.* (1981); Meloni *et al.* (2004). Sin embargo, dicho efecto se vio mitigado por la inoculación de las bacterias (0 y 0.25 M), las cuales favorecen diversos procesos fisiológicos de las plantas debido a la producción de

hormonas, capaces de influir en la velocidad del metabolismo, así como en la respiración de la semilla y posterior desarrollo de la raíz hospedada Kozyrovskaya *et al.* (1990); Conrad *et al.* (1992). Estudios previos demuestran que *B. amyloliquefaciens* produce la hormona ácido indolacético (AIA), y que puede actuar en el desarrollo fisiológico de plantas (Choong-Min *et al.*, 2005; Idris *et al.*, 2007). Debido a factores adversos (bióticos y abióticos) a los que están expuestas las plantas de ambientes áridos, las halófitas para fines de reforestación en áreas salinas son los recursos biológicos más promisorios (Lieth y Masoom, 1993). Los microorganismos con efecto benéfico en las plantas, juegan un papel potencial y considerable como agentes de biofertilizantes (Bidwell, 1979; Devlin, 1980; Arsac, 1990). Sin embargo, las investigaciones referentes a bacterias promotoras de crecimiento y el género *Prosopis* son escasas (Reinhold *et al.*, 1987; Hamdi, 1999; Rojas *et al.*, 2001).

Conclusiones

El efecto de la salinidad en la germinación de *P. chilensis* es afectado negativamente. Sin embargo, la inoculación de las bacterias *B. amyloliquefaciens* y *A. halopraeferans* mitigan ese efecto negativo, promoviendo la germinación *in vitro*. Las condiciones *in vitro*, la bacteria *B. amyloliquefaciens* y *A. halopraeferans* resultaron tener compatibilidad para el genotipo *P. chilensis*, constatándose con diferencias significativas ($P < 0.05$) para las variables de germinación. El tiempo de escarificación de 8 minutos resultó ser el apropiado en la germinación de *P. chilensis* e interacción con *B. amyloliquefaciens* y *A. halopraeferans*. El presente estudio muestra y confirma que la asociación de bacterias benéficas asociadas a la rizósfera de *P. glandulosa*, es un aporte a la investigación. Es importante mencionar que este tipo de trabajo experimental, contribuye a ampliar el conocimiento en las posibles alternativas de producción de plantas forestales como lo es el mezquite chileno y, efectos en la aplicación de biofertilizantes.

Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado por el Fondo Sectorial de Investigación en Materia Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agro-biotecnología y Recursos Filogenéticos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la Universidad de Sonora, por el proyecto 14651: "Bacterias Promotoras del Crecimiento de Plantas Asociadas a Ambientes Árido Salinos y su Efecto en la Reproducción de Mezquite Sonorense y Chileno". Gracias al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (beca del CONACyT 206653 CVU de J.A. Villegas-Espinoza). Gracias a los Apoyos complementarios para la consolidación institucional de grupos de investigación (estancias de consolidación) 2007: code: 74592 del Dr. Bernardo Murillo Amador- CIBNOR. Gracias a la Universidad Autónoma de Baja California Instituto de Ciencias Agrícolas. Y finalmente Universidad Autónoma de Baja California Sur.

Bibliografía

- Arsac, J., C. Lamothe, and J. Fages. 1990. Growth enhancement of Maize (*Zea Mays*) through *Azospirillum lipoferum* inoculation: effect of plant genotype and bacterial concentration. *Agronomie*. 10: 640-654.
- Bidwell, R., J. 1979. *Fisiología vegetal*, ed. A.G.T. editores S.A.
- Carrillo, A., M. Puente, T. Castellanos, y Y. Bashan. 1998. Aplicaciones biotecnológicas de ecología microbiana In: *Manual de laboratorio*. (Eds. Pontificia Universidad Javeriana, Santa Fé de Bogotá, Colombia y Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.). La Paz, B.C.S. México. p. 51.
- Choong-Min, R., H. Chia-Hui, R. D. Locy, and J. W. Kloepper. 2005. Study of mechanisms for plant growth promotion elicited by rhizobacteria in *Arabidopsis thaliana*. *Plant and Soil*. 268: 285-292.
- Conrad, K., B. Bettin, and S. Neumann. 1992. The cytokinin production of *Azospirillum* and *Klebsiella* possible ecological effects. In: M. Kaminek *et al.* (eds), *Physiology and biochemistry of cytokinins in plants*. Symposium Liblice, República de Checoslovaquia. pp. 401-405.
- Devlin, R. M. 1980. *Fisiología vegetal*. ed. OMEGA, México, D.F.
- Felker, P., P. R. Clark, A. E. Laag, and P. F. Pratt. 1981. Salinity tolerance of the tree legumes mesquite (*Prosopis glandulosa* var *torreyana*, *P. velutina*, and *P. articulata*) algarrobo (*P. chilensis*), Kiawe (*P. pallida*) and tamarugo (*P.*

- tamarugo) grown in sand culture on nitrogen free media. *Plant and Soil*. 61: 311-317.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Offset Larios, México, D.F.
- Golubov, J., M. Mandujo, L E. Eguiarte. 2001. The paradox of mesquites (*Prosopis* spp):invading species of biodiversity enhancers? *Bol. Soc. Bot. Mex.* 69: 21-28.
- Hamdi, H. 1999. Rhizobium-Legume Symbiosis and Nitrogen Fixation under Severe Conditions and in Arid Climate. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 63: 968-989.
- Heiseke, D. 1984. Regeneración por rebrotes en dos tipos de matorral mediano subinerme de la región de Linares, N.L. *Fac. Silvicultura, Manejo Rec. Renov. UANL. México*. p.17.
- Idris, E. E., D. J. Iglesias, M. Talon, and R. Borris. 2007. Tryptophan-Dependent Production of Indole-3-Acetic Acid (IAA) Affects Level of Plant Growth Promotion by *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42. *MPMI*. 20: 619-626.
- Khan, M., I. Khan, and T. Khizar. 1976. Plant growth regulators from species differing in salt tolerance as affected by soil salinity. *Plant Soil*. 45: 269-276.
- Kozyrovskaya, N., V. Makitruk, and E. Rukdashel. 1990. Nitrogen fixing *Klebsiella*- spp produces IAA. *Biopolim Kletka*. 6: 93-96.
- Lieth, H., and A. Masoom. 1993. Towards the rational use of high salinity tolerant plants. In: *Tasks for vegetation Science*, Vol. 28. Kluwer Academic Publisher.
- López-Franco, Y. L., F. M. Goycoolea, M. A. Valdez, y A. M Calderon de la Barca. 2006. Goma de mezquite: una alternativa de usos industrial. *Interciencia*. 31: 183-189.
- Maguire, J. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*. 2:176-177.
- Mas, J.F., A. Velázquez, J.R. Díaz, R. Mayorga, C. Alcántara, R. Castro, y T. Fernández. 2002. Monitoreo de los cambios de cobertura en México, CD de las memorias del II Seminario Latinoamericano de Geografía Física, Maracaibo, Venezuela, 24-27 de julio de 2002.
- Medina, C., and L.Cardemil. 1993. *Prosopis chilensis* is a plant highly tolerant to heat shock. *Plant Cell Environ*. 16: 305-310.
- Meloni, D. A., M. R. Gulotta, C. A. Martinez, and M. A. Oliva. 2004. The effects of salt stress on growth, nitrate reduction and proline and glycinebetaine accumulation in *Prosopis alba*. *Braz. J. Plant Physiol.*16: 39-46.
- Rojas, A., G. Holguin, B. Glick, and Y. Bashan. 2001. Synergism between *Phyllobacterium* sp (N₂-fixer) and *Bacillus licheniformis* (P-solubilizer), both from a semiarid mangrove rhizosphere. *Microbiol. Ecol*. 35: 181-187.
- Rzedowski, J. 1983. *Vegetación de México*. Ed. LIMUSA, México, D.F. p.432.
- SAS Institute. 2001. *SAS/STAT User's Guide*. Version 6.12 SAS Institute, Cary, NC.
- Sokal, R., and R. James.1988. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. (3rd edn). Freeman & Co, San Francisco, CA.
- Solis, G. y M. Espericueta. 2005. Utilización y aprovechamiento del mezquite (*Prosopis*) en Sonora. *Biotecnia*. Vol. 8. *Rev. de la Div. de Cs. Biológicas y de la Salud de la Universidad de Sonora*. p. 11.

Symposium Ciclo del Carbono

BIOCARBÓN (BIOCHAR) EN LOLIUM PERENNE EN UN SUELO ARENOSO

Escalante Rebolledo, A.^{1*}; Etchevers Barra, J.¹; Hidalgo Moreno, C.¹; García Moya, E.¹; López Collado, J.²; Campo Alves, J.³

¹Colegio de Postgraduados. Montecillo. México. México.

²Colegio de Postgraduados. Tepetates. Veracruz. México.

³Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ecología. México. D.F. México.

*Autor responsable: escalante.maria@colpos.mx km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México. México. 56230, Tel. +52(595920200)Ext.1234

Resumen

El biocarbón es un producto de la pirólisis de residuos orgánicos en ausencia o bajo contenido de oxígeno. En Inglaterra, Brasil, Estados Unidos y Congo, la aplicación al suelo de este producto mejoró sus propiedades físicas, químicas y biológicas y aumentó la productividad de los cultivos. Para sustentar el beneficio como mejorador de suelos de este producto se prepararon tres biocarbones a partir de residuos de maíz molidos a un tamaño menor y mayor de 4 mm de diámetro, a 300 y 600°C de temperatura en la pirólisis en un horno artesanal. Tres experimentos independientes de invernadero fueron conducidos para probar tres biocarbones. El diseño experimental fue completamente al azar, diez tratamientos donde se aplicaron dosis de 0, 5, 10, 15 y 20 ton.ha⁻¹ equivalentes y fertilizante químico en los cinco primeros y lombricomposta en los cinco últimos. Un suelo arenoso ácido fue usado en macetas y sembrados con *Lolium perenne* L. Se colectó la biomasa foliar de cuatro cortes mensuales y se midió el peso seco de cada uno. Asimismo se extrajeron las raíces para comparar su longitud. Se realiza en laboratorio el contenido foliar de N, P y K por corte. Los análisis de varianzas y pruebas de media del peso seco de biomasa revelaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos en el primer corte para los tres experimentos y en el segundo corte para el tercero.

Palabras clave: Biochar; pirólisis; mejorador de suelos

Introducción

El biocarbón (biochar) ha sido usado en muchos países como Inglaterra, Estados Unidos, Australia, Japón, en un intento de imitar un suelo antropogénico que existe en Brasil con propiedades físicas, químicas y biológicas que permiten una alta productividad de los cultivos (Lehmann et al, 2009; Verheijen, 2009).

El citado producto se obtiene por la pirólisis de residuos orgánicos y al aplicarlo al suelo le imparte mayor capacidad de intercambio catiónico, retención de nutrientes que reduce la necesidad de fertilizantes, retención de contaminantes, aumento de la población microbiana, cambios en sus propiedades físicas como estructura, textura, capacidad de retención de humedad, consistencia y porosidad, tamaño de poro, distribución de tamaño y densidad. Esto produce un incremento en el crecimiento de las plantas cultivadas y en su producción. Además su uso produce secuestro de C en los suelos debido a que sus compuestos son altamente recalcitrantes (Downie et al., 2009). Se considera que el biocarbón es un mejorador de suelos pues en sí no tiene altos contenidos de N disponible, aunque sí puede tener P, K, Ca y otros nutrientes de forma disponible y puede ser usado como material de encalado (Amonnette, 2009). La necesidad de alimentos en cantidad y calidad para la creciente población de México requiere buscar tecnologías alternativas que permitan obtener una mayor producción agrícola, ya que 11.7 millones de personas en el país no tiene acceso a los alimentos en cantidad adecuada para una buena nutrición (INEGI, 2012).

La degradación actual de los suelos genera cada vez menor producción y el uso indiscriminado de los fertilizantes a su vez hace que se degraden más pues pocos agricultores usan otras tecnologías como uso de composta, zeolita, microorganismos. Lo anterior exige que se lleven a cabo acciones que permitan restaurar los suelos de manera concertada entre la política pública, la ciencia y la tecnología. La implementación de estrategias que incidan en la mejora de la calidad del suelo es necesaria como uso de variedades adaptadas o resistentes a condiciones adversas, manejo integral del cultivo, prácticas culturales para evitar erosión, uso de abonos orgánicos. Entre ellas también puede ser considerado el uso de biocarbón para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo lo que incidiría en una mayor producción de los cultivos y mejora de la calidad del suelo. Como estrategia biotecnológica es importante comprobar su eficiencia y definir la posibilidad de su uso en suelos de México con cierta certeza de éxito. Así, se tiene como objetivo probar diferentes biocarbones como mejoradores de un suelo arenoso ácido y evaluar la producción de biomasa foliar y contenido nutrimental de *Lolium perenne* L. en invernadero.

Materiales y Métodos

Se condujeron tres experimentos independientes para evaluar tres biocarbones diferentes, obtenidos a partir de residuos de maíz, por medio de la pirólisis de esta materia prima molida para obtener dos tamaños de partícula, mayor y menor de 4 mm y con dos temperaturas, 300 y 600°C en un horno artesanal, con propiedades que se indican el cuadro 1. El trabajo fue realizado en invernadero, en el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Edo. de México, en macetas con 3.5 Kg de un suelo arenoso ácido procedente de La Tinaja, Ver., cuyas propiedades físicas y químicas se muestran en el cuadro 2. Los experimentos tuvieron un diseño experimental completamente al azar con 10 tratamientos y cuatro repeticiones. Las dosis del biocarbón fueron 0, 5, 10, 15 y 20 t.ha⁻¹ equivalentes, en cinco tratamientos se aplicó fertilizante químico y en los otros cinco de lombricomposta, de acuerdo a las necesidades nutrimentales de *Lolium perenne* L. que fue el cultivo de estudio (Villalobos, L. y Sánchez, J., 2010). La aplicación de P y K se hizo en una fertilización de fondo en un inicio y el N semanalmente con el riego. El biocarbón fue adicionado al fertilizante y a la lombricomposta antes de aplicarlo al suelo. El primer corte se hizo 30 días después de la germinación y tres cortes más cada mes. Las variables evaluadas fueron la biomasa foliar seca de cada corte y los contenidos nutricionales de N-P-K de dicha biomasa.

Resultados y Discusión

Según el ANVA realizado en el experimento 1 los mejores tratamientos fueron con lombricomposta junto con el tratamiento de fertilización química y 15 t.ha⁻¹ de biocarbón. En el 2 los tratamientos con lombricomposta son los mejores junto con los tratamientos con fertilización química y 10, 15 y 20 t.ha⁻¹ de biocarbón. El 3 muestra igualdad estadística entre todos los tratamientos con lombricomposta y el tratamiento con fertilización química y 10 ton.ha⁻¹ de biocarbón. En el segundo corte del experimento 3 se presentó un resultado similar al corte 1. Los experimentos 2 y 3 en el segundo corte tuvieron diferencia significativa sólo entre los tratamientos con fertilización química y los que tenían lombricomposta, por lo que se sugiere que la calidad del biocarbón 3 es la mejor, ya que aún no se ha determinado en los biocarbones la materia volátil, que no debe ser superior a 4.5% (McClellan et al., 2007), quienes mencionan la importancia de esta característica. Las raíces de las plantas tuvieron diferencia en cuanto a su longitud, aunque esto de manera visual.

Conclusiones

Es necesario para experimentar con biocarbón en suelo con el objetivo de aumentar la productividad de los cultivos caracterizar ampliamente el producto, incluyendo la materia volátil de la cual depende la reacción del biocarbón con el suelo y la mejora de las propiedades del mismo.

También debe realizarse mayor investigación respecto a los procesos de pirólisis para obtener biocarbón, ya que como las condiciones de la misma así como las materias primas pueden variar ampliamente, se producirán biocarbones muy diferentes.

Cuadro 1. Características químicas de los biocarbones

Biocarbón	Materia prima	Grosor mm	T °C	pH	CE dS.m ⁻¹	Humedad %	C %	CaCO ₃ Equivalente, %	N %	CIC Cmol.Kg ⁻¹
1	Maíz	< 4	300	9.5	2	3	45	6.9	0.87	12.7
2	Maíz	<4	600	10.4	4	3	56	10.2	0.87	17.1
3	Maíz	>4	600	9.8	3	4	64	6.8	0.92	11.8

Cuadro 2. Características físicas y químicas del suelo

Parámetro		Método
pH	4.5	Potenciométrico 1:2 suelo:agua
CE µS.m	151.0	Conductivimétrico
% Humedad	1.2	Gravimétrico
% Arena	66.7	
% Limo	21.68	
% Arcilla	11.6	
Textura	Franco arenoso	Bouyoucus
%Mat. Org.	1.658	Walkley-Black
% N	0.1	Microkjeldahl
P ppm	27.7	Olsen
% C	1.305	TOC
CIC cmol.Kg-1	6.6	Acetato de Amonio 1N neutral
K cmol. Kg -1	0.4	EEA
Ca cmol. Kg -1	1.5	EEA
Mg cmol. Kg -1	0.3	EEA
Na cmol. Kg -1	0.1	EEA

Bibliografía

- Amonette, J. 2009. "An Introduction to Biochar: Concept, Processes, Properties, and Applications". *Harvesting Clean Energy* 9.
- Downie A, Crosky A, Munroe P (2009) Physical properties of biochar. In: 'Biochar for Environmental Management: Science and Technology'. (Eds J Lehmann, S Joseph) pp. 13–32.
- Lehmann, J. and S. Joseph, eds. 2009. Biochar: Environmental Management. Earthscan. United Kingdom and United States. ISBN:978-1-84407-658-1.
- McClellan, T.; Deenik, J.; Uehara, G.; Antal, M. 2007. Effects of Flashed Carbonized Macadamia Nutshell Charcoal on Plant and Soil. Department of Tropical Plants and Soil Science, Hawaii Natural Energy Institute. http://www.ctahr.hawaii.edu/deenik/Downloads/Tai_Charcoal_CTAHR_Sym_2007.pdf
- Verheijen, F.G.A., Jeffery, S., Bastos, A.C., van der Velde, M., and Diapas, I. (2009). Biochar Application to Soils - A Critical Scientific Review of Effects on Soil Properties, Processes and Functions. EUR 24099 EN, Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 149pp.
- Villalobos, L. y Sánchez, J. 2010. Evaluación Agronómica y Nutricional del Pasto Ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. I. Producción de Biomasa y Fenología. *Agronomía Costarricense* 34(1): 31-42.

DINÁMICA DE CARBONO EN SUELOS HÍDRICOS EN DIFERENTES COMUNIDADES DE MANGLARES, CHACAHUA (MÉXICO)

Fuentes Romero, E¹., García Calderón, NE¹., Martínez O, J.R²; Álvarez Arteaga, G.^{2,3}

¹UMDI-Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México Campus Juriquilla, Querétaro México, 76230,

²Laboratorio de Edafología Nicolás Aguilera, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F. 04510,

³Universidad Autónoma del Estado de México.

*Autor responsable: rofue@gmail.com; Calle Av. Juriquilla Núm. 3001 Col. Juriquilla, Querétaro, Qro Estado. México. CP 76230; Tel. +52(442)-192-6215.

Resumen

Los humedales tienen una enorme importancia por sus funciones ambientales, como el ciclo del carbono. En particular en el suelo son importantes sumideros de carbono; así como fuentes de carbono a la atmósfera, por lo que son considerados como ecosistemas activos. Debido a esto, es importante considerar la dinámica de carbono de estos ecosistemas considerando la variabilidad del humedal tanto edáfica como de composición vegetal. Es así que este trabajo trata de conocer la dinámica de carbono en suelos de humedal en tres tipos de bosque de manglar. En este sentido se encontró una importante diversidad dentro del bosque de manglar, asociados a los tipos de manglar siendo a pesar de esto tiene alto contenido de carbono entre 22.7 a 39.1 g Kg⁻¹, en particular de *Rhizophora mangle* en particular en el horizonte superficial. Los flujos de GEI evidenciaron mostraron alta emisión de metano en agosto y julio entre 0.02 a 11.8 µg CH₄ m⁻²h⁻¹, en particular en el bosque de *Rhizophora mangle*. En tanto que el bióxido de carbono tuvo las mayores emisiones en la agosto y febrero 9.4 a 101.3 mg CO₂ m⁻²h⁻¹. Los suelos de humedales de bosques de mangle tienen un alto potencial de secuestro de carbono por lo que son considerados como sumideros de carbono pero mantiene su dinámica de descomposición de materia orgánica mediante dos procesos de oxidación y libre de oxígeno.

Palabras clave: Bosques de mangle; suelos hídricos; dinámica de carbono

Introducción

Los humedales tienen una enorme importancia por sus funciones ambientales, como el ciclo del carbono (Neue *et al.*, 1997). Las condiciones ambientales de estos sistemas son transicionales, entre ecosistemas terrestres y acuáticos, soportan periódicamente especies hidrófitas y el suelo se encuentra saturado por agua, una parte importante del año. Dentro de estos sistemas se encuentran las comunidades de manglares que representan el 75% de la línea de costa en todo el mundo y son ecosistemas que mantienen la biodiversidad, calidad de agua y suelo; así como amortiguadores de eventos extremos, entre otros (FAO, 1994). Son ecosistemas altamente productivos con fuertes dependencias con el tipo de manglar, que está asociado con varios factores ambientales como el gradiente topográfico y la hidrodinámica (Pool *et al.*, 1975). La dinámica en estos ambientes es que por lo menos en la temporada de crecimiento vegetal se encuentren inundados o encharcados, por lo que pueden presentar condiciones secas, húmedas o sin agua superficial en otras estaciones propiciando un ambiente anaerobio (Neue *et al.*, 1997; *Soil Survey Staff*, 1975). El suelo, en tanto, puede ser altamente diverso pero con importantes depósitos orgánicos por lo que forman parte de los suelos orgánicos del mundo (Duxbury *et al.*, 1979). En relación a esto, se ha considerado que los suelos de humedales presentan una alta producción primaria neta de materia orgánica por su baja

tasa de descomposición, por lo que el suelo es considerado un sumidero importante de carbono (Neue, 1997; Richardson & Vepraskas, 2000); así como de nutrimentos, esto de manera particular en los manglares de cuenca y ribereños (Ewel *et al.*, 1998). Además, desarrollan un régimen de reducción, libre de oxígeno disuelto, debido a que los suelos están saturados por aguas subterráneas o por agua de franjas capilar (Soil Survey Staff, 1975). Otra función de los suelos de humedales es que son fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero (GEI), de compuestos de carbono gaseoso como el metano y el bioxido de carbono (Lekphet *et al.*, 2005). La emisión del metano y bioxido de carbono depende del proceso de producción, que se encuentra influenciado por las variaciones de las condiciones ambientales (temperatura, humedad, pH, CE, etc) y los recursos edáficos (carbono y bioquímica nutrimental) (Yavitt *et al.*, 2005). En particular, la presencia de altas concentraciones de sales altera la dinámica del carbono y la estructura de las comunidades microbianas en su fase anaerobia (Darren *et al.*, 2006). Establecido así la funcionalidad del suelo como un compartimento dentro del ciclo del carbono, el objetivo de este trabajo es profundizar en la dinámica del carbono en suelos de humedales en bosques de mangle, tanto en sus potenciales de almacén, como de emisor que permita entender su funcionalidad como sumideros de carbono.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en ecosistemas de humedales en bosques de mangle en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua, México. Localizado entre 16°48'00" - 15°48'00" LN y 97°51'36" - 96°30'00" LO (Figura 1). Los sitios de estudio se encuentran conformados por asociaciones de comunidades vegetales: i) *Conocarpus erecta-Avicennia germinans*, manglar joven establecido 1997 (S1-SB); ii) *Avicennia germinans-Conocarpus erecta*, mangle maduro, (S2-S_B); y iii) *Rhizophora mangle*, manglares maduros (S4-RM) (CONANP, 2000). En cada sitio de estudio se establecieron sitios permanentes de monitoreo representativos del rango de cobertura vegetal, condiciones ambientales y de saturación de humedad del suelo. Con un diseño de muestreo jerárquico anidado en el que a partir de un punto central A (correspondiente al perfil tipo), se distribuyeron 5 parcelas de 25 × 6 m, de cada una se obtuvieron muestras de suelo a una profundidad de 1 m, por horizontes edáficos (Etchevers *et al.*, 2005). En la parte central de la parcela se procedió a la descripción del perfil tipo y determinación de variables físicas y químicas en campo. Además se asocio a un transecto, dentro de las zonas de inundación temporal de la laguna salobre de Chacahua, que presentó un rango de inundación entre de 0 a 50 cm de la superficie del suelo y el nivel freático fluctuó de la superficie hasta 70 cm de profundidad, dependiente de la época del año. En cada sitio se establecieron cinco puntos de muestreo permanentes para la evaluación de la concentración de GEI emitidos. Las condiciones ambientales de la zona son cálida subhúmedas, temperatura media anual mayor de 22°C, temperatura del mes más frío mayor de 18°C y pp de 700 a 2500 mm anuales.

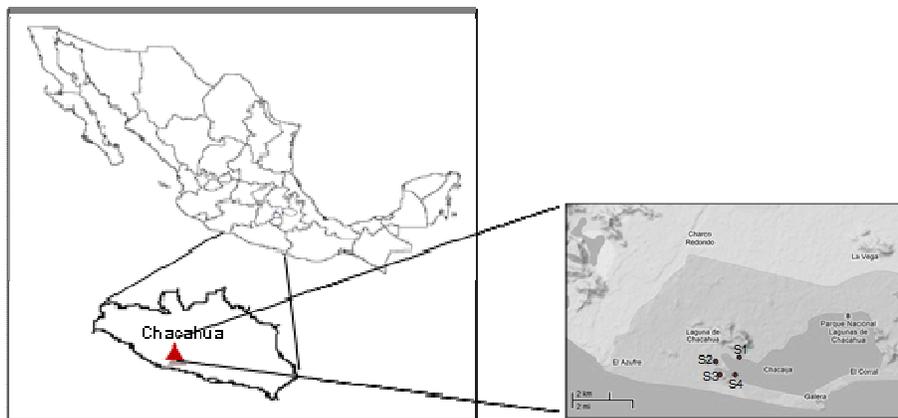


Figura 1. Sitio de estudio en el Parque Nacional Lagunas de Chacahua.

El metano y el bióxido de carbono fueron colectados mediante cámaras estáticas de 10 cm de Ø x 30 cm alto (1606.2 cm³) de acero inoxidable (Figura 2). En la parte superior de la cámara se mantuvo una septa de clorobutilo para la toma de la muestra. En la cámara se colocó un termómetro para medir la temperatura interna.

Las cámaras se colocaron herméticamente selladas, aproximadamente de 4 a 5 cm dentro del suelo, dejando estabilizarse su atmósfera por 30 min (Figura 2). Con una aguja de dos vías se tomaron muestras en intervalos de 0, 10, 20, 30 min. Las muestras se colectaron en viales evacuados para su posterior análisis en el laboratorio. Siendo analizadas en un cromatógrafo de gases (Agilent 6890) con un detector de iones de flama en una columna Porapak Q (Agilent Technologies, Inc.).



Figura 2. Sistema de monitoreo de GEI en suelos de humedales en bosques de Mangle

Resultados y Discusión

La caracterización del suelo de humedales mostró una importante capacidad de almacenar carbono orgánico tanto horizontal, en los horizontes superficiales, como vertical, en el cuerpo del suelo (Figura 3). El contenido de carbono en los horizontes superficiales fluctuó entre 49.2 a 77.8 Mg ha⁻¹, donde el suelo del bosque de mangle de *Rhizophora mangle* tuvo el contenido mayor en superficie y el bosque de mangle de *Avicennia germinans-Conocarpus erecta* tuvo el contenido más bajo (Cuadro 1).

En cuanto a la distribución vertical del carbono, el de mayor capacidad de almacén fue el bosque de *Conocarpus erecta-Avicennia germinans*, contenido que se mantuvo constante en profundidad debido a que se pudieron apreciar todos los horizontes del suelo a diferencia del suelo en el bosque de *R. mangle*, donde el perfil se encontraba inundado. La presencia de esta concentración de carbono en el suelo puede ser considerada con la presencia de una dinámica de humificación y de disminución de mineralización de la materia orgánica relacionada a procesos de fermentación y disminución en la estabilización del carbono (Sukanda *et al.*, 2005; Pool *et al.*, 1977). Las variaciones en los valores del pH fueron pocas y la reacción del suelo se encuentra cerca de la neutralidad o muy ligeramente alcalina (Siebe *et al.*, 2006).

Los suelos fueron considerados como salinos debido a su alta conductividad eléctrica por arriba de los 4 dSm⁻¹ por lo que las condiciones de pH del suelo y la CE pueden asociarse a la presencia de suelos con altos contenidos de NaCl y Na₂SO₄ (Richards *et al.*, 1954) donde la elevada salinidad puede disminuir los procesos biogénicos de transformación de la materia orgánica (Darren *et al.*, 2006).

Tabla 1. Características físicas y químicas de suelos de humedales en bosques de manglares

Perfil tipo	Comunidad vegetal	Prof cm	DA g/c m	pH	CE mScm ⁻¹	C g kg ⁻¹	N	C:N	C Mg/ha
	<i>Avicennia germinans-Conocarpus erecta Manglar maduro</i>	0-20	1.08	8.3	4.5	22.7	1.7	13.3	49.2
		20-40	1.11	5.3	5.3	12.5	0.8	15.6	20.4
		40-60	1.09	8.9	6.4	06.0	0.7	8.6	13.5
		60-80	1.05	8.9	5.7	06.0	0.4	15.0	11.5
		80-100	1.05	8.8	3.9	08.2	0.5	16.4	16.3
	<i>Conocarpus erecta-Avicennia germinans, manglar joven</i>	0-20	1.30	6.0	16.0	24.4	0.9	27.1	63.7
		20-40	1.36	7.0	14.2	14.6	0.5	29.2	39.7
		40-60	1.24	7.2	18.1	14.0	0.4	35.0	35.9
		60-80	1.24	7.2	18.1	13.3	0.4	33.3	32.1
		80-100	1.17	5.9	22.0	13.3	0.5	26.6	32.1
	<i>Rhizophora mangle Mangle maduro</i>	0-20	1.08	7.6	15.0	39.1	2.4	36.7	77.8

DA =densidad aparente, CE= conductividad eléctrica, C = carbono, C = carbono (megagramos por hectárea), N = nitrógeno, C:N = relación carbono – nitrógeno y Prof =profundidad.

Cuadro 2. Variación temporal de GEI en suelos en bosques de manglares

Variación temporal	mayo		agosto		febrero		julio	
	2011				2012			
	Flujos de CH₄ µg m⁻²h⁻¹							
<i>Rhizophora mangle</i>	4.34	11.8	2.49	8.29				
<i>Conocarpus erecta-Avicennia germinans</i>	0.95	1.25	0.01	0.55				
<i>Avicennia germinans-Conocarpus erecta</i>	1.04	1.46	0.02	0.98				
Flujos de CO₂ mg m⁻²h⁻¹								
<i>Rhizophora mangle</i>	41.92	50.4	101.3	30.5				
<i>Conocarpus erecta-Avicennia germinans</i>	7.6							
<i>Avicennia germinans-Conocarpus erecta</i>	9.81	20.2	50.8	8.25				

La cuantificación de la variación temporal del flujo de CH_4 y CO_2 emitidos por suelos hídricos en diferentes bosques de mangle se evaluó en un intervalo de 30 min durante el día conforme la estacionalidad a partir de la primavera de 2011 al verano de 2012. El bosque de *Rhizophora mangle* tuvo un mayor flujo de CH_4 y por lo tanto de emisión sobre todo durante el verano (julio-agosto) siendo la época considerada de mayor humedad. En tanto, aunque el bosque de *Conocarpus erecta* *Avicennia germinans* presentó una dinámica similar en la época de mayor humedad, fue donde se obtuvo el menor flujo y emisión de carbono. La presencia de alta salinidad, en particular por la mayor concentración de NaCl tiene influencia en los procesos bioquímicos del suelo ya que se asocia con una disminución en la producción de metano (Darren *et al.*, 2006). La emisión de GEI se relaciona con la descomposición temporal o permanente resultante de microorganismos anaerobios (Sukanda *et al.*, 2005). La presencia de CO_2 se relaciona con la actividad microbiana, con la respiración radicular (Mukhopadhyay *et al.*, 2002) y con la oxidación del metano (Richardson y Vepraskas, 2000). Los flujos de bióxido de carbono se verificaron en todos los sitios, siendo agosto y febrero cuando se registro la mayor emisión, en particular en el bosque de *Rhizophora mangle* en tanto que la menor emisión correspondió al mangle de *Avicennia germinans* – *Conocarpus erecta*. La elevada emisión de CO_2 se asocia a la respiración de la vegetación, aunada en particular a la presencia de neumatóforos, que favorecen el ciclo de aireación del suelo y la oxidación del metano (Mukhopadhyay *et al.*, 2002) (Cuadro 2 y Figura 3)

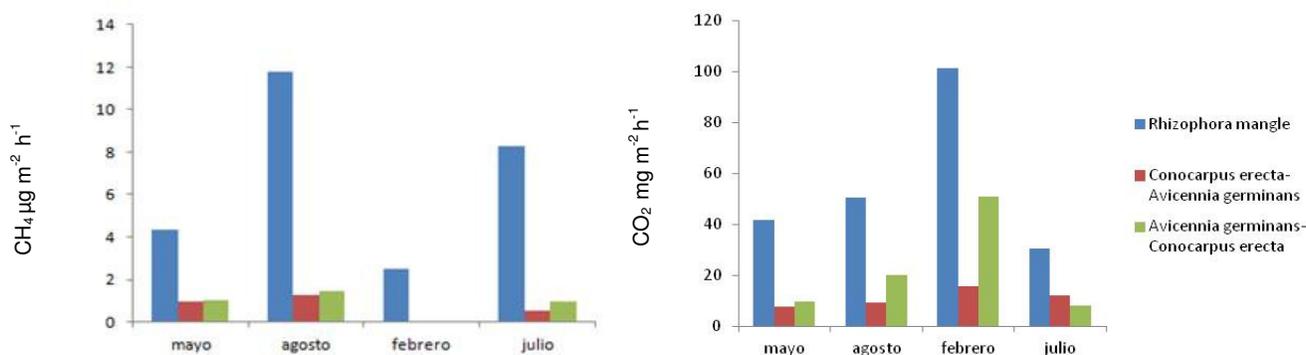


Figura 3. Variación temporal del flujo de CH_4 y CO_2 en suelos hídricos en manglares

Conclusiones

Los suelos de humedales en bosques de mangle tienen un importante potencial de almacén de C asociado a estabilidad tanto superficial como en profundidad, que permite condiciones que favorecen los procesos de sumideros de carbono. Pero también muestras proceso activos como flujos de carbono hacia la atmósfera en particular de bióxido de carbono y en menor proporción de metano, dos procesos que conllevan la descomposición de materia orgánica y libeación de nutrientes en suelo. La variabilidad de la emisión de GEI y el almacén de carbono muestra que los suelos de bosques de humedales tiene son considerados como un importante sumidero de carbono.

Agradecimientos

Esta investigación fue apoyada por el Proyecto PAPITT IN224410 y la CONANP. Agradecemos a la Dra. Amparo Martínez y M. en C. Juan Manuel Hernández Solís del Instituto de Ciencias de la Atmósfera la asesoría y el apoyo en las mediciones de cromatografía de gases.

Bibliografía

- Cowardin, L., Carter, V., Golet, F. & La Roe, E., 1979. Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, D.C.
- Darren, S. et al., 2006. The short-term effects of salinization on aerobic cycling and microbial community structure in sediment a freshwater wetland. *Wetlands*, 26(2), pp. 455-464.
- Ewel, C. K., Twilley, R. & Eong Ong, J., 1998. Different kinds of mangrove forest provide different goods and services. *Global Ecology and Biogeography Letters*, Volume 7, pp. 83-97.
- Lekphet, S., Nitisoravut, S. & Adsavakulchai, S., 2005. Estimating methane emission from mangrove area in Ranong Province, Thailand. *Songklanakarin J.Sci. Technol.*, 27(1), p. 163.
- Neue, H. et al., 1997. Carbon in tropical wetlands. *Geoderma*, pp. 163-185.
- Pool, D., Lugo, A. & Aneaker, S., 1975. Litter production in mangrove forest of southern Florida and Puerto Rico. In: *Proceeding of the International Symposium on Biology and Management of Mangrove*. Florida. Gainesville: H. Institute of Food and Agriculture Science, pp. 213-237.
- Richardson, J. & Vepraskas, M., 2000. In: *Wetland soil*. Estados Unidos: Taylor&Francis.
- Yavitt, J., Williams, C.J & Wieder, R., 2005. Soil chemistry versus environmental controls on production of CO₂ in northern peatlands. *European Journal of Soil Science*, Volume 56, pp. 169-178.

VARIACIÓN A MEDIANO PLAZO DEL ALMACÉN DEL CARBONO EN SUELOS DE DIFERENTES AGROECOSISTEMAS

García Calderón, N.E.¹; Fuentes-Romero, E.¹; Bobadilla, B.M.D.¹; Zainos, H.Ch.¹; Hernández Jiménez, A.²

¹UMDI Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México Campus Juriquilla, Querétaro México, 76230. ²Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Provincia Habana, Cuba

García Calderón Norma Eugenia; Boulevard Juriquilla 3001, Col. La Mesa, Querétaro, Qro. México. 76230. T: +52(442) 1926205. negc@ciencias.unam.mx

Resumen

Se presentan las variaciones en los almacenes de carbono a mediano plazo en diferentes agroecosistemas donde se evaluaron los contenidos de carbono total en los horizontes superficiales, así como en bosques colindantes. Los sitios muestreados en bosque mesófilo (BM) Xalapa y en cafetales y cañaverales en Coatepec fueron clasificados como Andisoles melánicos (dístricos, clayicos) conforme a los criterios de la WRB y en un cafetal residual, clasificado como Ultisol de Cuetzalan. En sitios cultivados con café-plátano y en un bosque secundario, en Hueytamalco, clasificados previamente como Inceptisoles conforme a los criterios de la Soil Taxonomy. Los muestreos se realizaron en los años de 1980, 1987, 1989 y 2012, se obtuvieron las variaciones en los almacenes de carbono en los horizontes superficiales y sus relaciones con algunas de sus propiedades a mediano plazo. En general, los sitios de bosque mostraron la mayor proporción de los almacenes así como un aumento al cabo del periodo analizado, los agroecosistemas cafetaleros disminuyeron sus almacenes

Palabras clave: secuestro de carbono; cafetales; Andosoles

Introducción

Los suelos contienen cantidades de carbono orgánico (COS) muy elevadas. A escala global se estima la concentración de COS a un metro de profundidad alrededor de 1500 Pg (1 Pg=10¹⁵ g), esta cantidad representa tres veces más la cantidad de C en la biomasa superficial y dos veces la cantidad de C-CO₂ en la atmósfera (Janzen, 2004). La mayoría del C del suelo se encuentra en los horizontes superficiales a 10 o 20 cm de profundidad y su cantidades responsable de muchos de los atributos relacionados con su calidad y productividad, reflejándose en los procesos del ecosistema, así como de su manejo (Davidson, 2000). En general el cultivo reduce el contenido de C de los suelos agrícolas, contribuyendo con CO₂ a la atmósfera. El impacto del manejo puede reducirse mediante procesos de mitigación como el incremento de residuos y conversión a vegetación perenne (Paustian *et al.* 1997). Los almacenes de CO en el suelo al tener tiempos de residencia media (TRM) variables desde días,-como residuos de plantas y exudados de las raíces solubles en la solución del suelo-, a compuestos con mayor TRM ~1000 años, como sustancias húmicas (SH's). En las últimas décadas, estos compartimentos de CO en el suelo han adquirido mayor importancia dentro de sus funciones como sumideros (Ladd *et al.* 1996) ante el cambio climático abrupto (Lal, 2013). Los agroecosistemas cafetaleros productivos con manejo tradicional ejercen gran relevancia desde el punto de vista biológico debido a las interacciones entre sus componentes, particularmente en sistemas diversificados (Rao *et al.* 1998), al conservar importantes funciones y servicios ambientales similares a los bosques naturales (Geissert e Ibáñez, 2008; Moguel y Toledo, 1999). Estos presentan interacciones biofísicas entre sus estructuras siendo el dosel un importante reservorio de energía,

fuentes de vapor de agua y carbono (Dijkstra, 2001). La relación del dosel con el suelo, además se basa en regular su fertilidad, humedad y como hábitat para los ciclos tróficos de los organismos edáficos; mantiene los procesos de formación, conservación y rehabilitación del suelo (Henrot y Robertson, 1994; Porta *et al.* 2003). Debido a esto, se establece un proceso dinámico que repercute de manera directa en el reservorio de nutrientes y COS a corto, mediano y largo plazo (Frangi y Lugo, 1991). En estos sistemas agroforestales diversos autores han comprobado su alto potencial de captura de carbono (Casanova-Lugo *et al.* 2011). La pérdida de la cobertura vegetal y cambio de manejo pueden resultar en la alteración de la estructura del suelo por disminución de la actividad biológica, y de ahí desencadenar múltiples procesos de degradación. Además, de la disminución de las fuentes de carbono como el mantillo y el sistema radicular (Masciandaro *et al.* 1998). En sistemas bajo cultivo de caña se ha documentado la disminución en el contenido de CO en el suelo (Cabrera y Zuaznábar, 2010). Debido a la importancia de los agroecosistemas cafetaleros para conservar de manera exitosa sus funciones ambientales es importante conocer como se regula la dinámica del carbono en el suelo, por lo que este trabajo tiene el propósito de conocer las variaciones a mediano plazo en el almacén de carbono orgánico del suelo en agroecosistemas con diferente uso y manejo.

Material y Métodos

Los sitios de estudio se ubican en el municipio de Xalapa en un bosque mesófilo (BM), Parque Francisco Javier Clavijero (BM-CLAV) y en la finca Ocotlán (OCOT-CAFÉ) (OCOT-CANA) en la Orduña, Municipio de Coatepec, Veracruz a 19°27' LN y 96°53' LO, 1275 msnm, clima semicálido húmedo (A)Cf(m)w"b(i)"g, con tma 18.9°C en el año 1980 y pma 1957 mm (García, 1970); dentro de la subprovincia fisiográfica Sierra de Chiconquiaco del Eje Volcánico Transmexicano. Los suelos corresponden a Andisoles melánicos (dísticos, clayicos) (WRB, 2008, García *et al.* 1989). En la región de la Sierra Norte de Puebla, los sitios se ubican en un bosque secundario: San Angel-Cafetal (SAN-Acahual), Finca La Higuera-café plátano (HIG-CP) (Figura 1) en el municipio de Hueytamalco a 20°05' LN y 97°20' LO, a 540 msnm, con clima semicálido (A)C(fm)w"a(i)"g, tma de 21.3°C, y pma de 2286.5 mm; y el jardín botánico Xoxoctic-BM (XOXO-BM) en el municipio de Cuetzalan a 20°02.4' LN y 97°30.6' LO, a 850 msnm con tma de 22°C y pma de 3300 mm, el clima essemicálido (A)C(fm),(García, 1988). Estas localidades pertenecen a la subprovincia del Carso Huasteco de la Sierra Madre Oriental, con materiales del Cretácico inferior de calizas, cuarcitas y lutitas, por su proximidad a la Sierra de Chiconquiaco, tienen influencia de vulcanismo reciente donde las cenizas volcánicas en algunos casos sobreyacen en sitios de Hueytamalco, (Sánchez, 1980; Ticante, 2000). Los agroecosistemas corresponden a un cafetal de *Coffea arabica* var. caturra con sombra de *Musa paradisiaca* en el sitio de La Higuera; colindante a San Angel, un cafetal abandonado con elementos de bosque mesófilo residuales. En Cuetzalan, el uso actual es como jardín botánico, con cafetal residual de variedad caturra sombreado con *Inga leptoloba*. Los suelos se clasificaron como Ultisoles en Cuetzalan y como Inceptisoles en Hueytamalco (Soil Survey Staff, 1994).

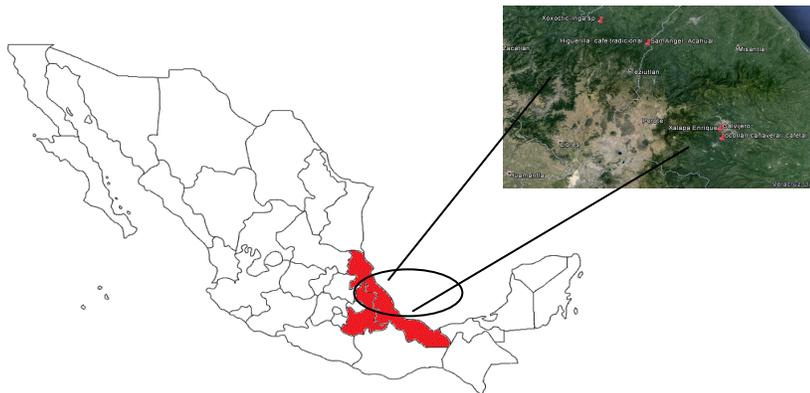


Figura 1. Localización de los sitios de muestreo en los estados de Puebla y Veracruz.

La vegetación del Parque Francisco Javier Clavijero es un continuo de bosque mesófilo de montaña de componentes arbóreos *Carpinus caroliniana* Walter, *Clethra mexicana* Mart. P. Galeotti, *Quercus germana* Cham & Sch., *Liquidambar macrophylla* Oerst, *Ulmus mexicana* (Liebm.) Planch y *Oreopanax xalapensis* Decne & Planch, como dominantes. El sitio Ocotlán en La Orduña es el cafetal de *Coffea arabica* L. var *typica*, caturra y bourbon, en agroecosistema tradicional con sombra de *Inga leptoloba* L.; anexo se ubica el cañaveral. En cada sitio se eligieron 10 puntos al azar donde se muestreó el horizonte superficial (0-20 cm). Para identificar los grupos de suelo se estudió la morfología y se analizaron perfiles completos, tomando muestras de cada horizonte diagnóstico (García *et al.* 1986, Sánchez, 1980, Ticante, 2000). Los muestreos se realizaron en 1980, 1989 y 2012. Las muestras se secaron y tamizaron por una malla de 2 mm para determinar C orgánico (COS) por Walkley y Black modificado, N por el método de Kjeldahl, K⁺, Na⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺ intercambiables; pH del suelo con el potenciómetro, densidad aparente (DA) por el método del cilindro; densidad real (DR) por el método del picnómetro y textura por Bouyoucos (ISRIC 2000). La saturación de bases intercambiables se calculó con la expresión [(Ca+Mg+K+Na)/CICx100] y el almacén de C, en Mg ha⁻¹, mediante la fórmula CA=C+DA+P, donde CA=carbono almacenado, C=carbono orgánico g kg⁻¹; DA=densidad aparente (g cm³); P=profundidad del suelo (cm).

Resultados y discusión

La reacción del suelo fue de ácida a fuertemente ácida (4.1-5.3), los suelos son porosos y los contenidos de arcilla mas abundantes se dieron en la zona de Hueytamalco, en los Andosoles las arcillas varían de 16 a 33%; en todos los casos la porosidad es superior a 50% (55.6-67.5) (Cuadro 1, Fig. 2), con estructuras granulares definidas. Los contenidos de COT son mayoritarios en las localidades de Hueytamalco donde el almacén es de 199 Mg ha⁻¹; el menor almacén de COT es del sitio de Cuetzalan con 54 Mg ha⁻¹ en agroecosistema cafetalero residual. El almacén de C (Cuadro 1, Fig 3), aumentó en BM en 1989 a 768 Mg ha⁻¹ y en 2012 se obtuvieron 891 Mg ha⁻¹. En el cañaveral se registró una disminución a 341 Mg ha⁻¹ en 1989 y un posterior aumento a 691 Mg ha⁻¹ para el año 2012. Se produjo disminución en el agroecosistema cafetalero colindante (de 184 a 105 Mg ha⁻¹) y en el bosque secundario de la Finca San Angel se aumentó en 136%, mientras en el agroecosistema cafetal-plátano de la Finca La Higuera aumentó en 105% 33 años (1979-2012) (fig. 3, cuadro 1).

Cuadro 1. Propiedades físicas y químicas del horizonte superficial del suelo al inicio del estudio en agroecosistemas con diferente manejo

SITIO	BM-CLAV	OCOT-CAFÉ	OCOT-CANA	XOXO-Inga	SAN-Acahual	HIG-CP
	Veracruz			Puebla		
DA g cm ³	0.65	0.98	0.86	1.01	0.73	0.72
DRg cm ³	2.00	2.21	2.12	2.37	2.03	1.62
% P	67.5	55.7	59.4	57.4	66.4	55.6
Arena g kg ⁻¹	516	400	624	480	172	440
Limo g kg ⁻¹	264	270	216	180	280	430
Arcilla g kg ⁻¹	220	330	160	340	548	130
pH H ₂ O1:2.5	5.2	4.1	4.9	5.3	5.0	5.0
COg kg ⁻¹	68.6	53.6	40.2	26.5	123.2	138.3
Almacén C Mg ha ⁻¹	570	184	443	77	86	72
En 2012	891	105	691	54	180	199
Nt g kg ⁻¹	2.7	4.4	1.7	1.7	5.8	nd
CIC cmol kg ⁻¹	68.3	26.66	20.8	20.21	45.13	36.4
Ca ²⁺ cmol kg ⁻¹	18.2	10.08	34.0	10.36	5.0	11.5
Mg ²⁺ cmol kg ⁻¹	5.3	6.78	6.0	3.65	9.76	7.0
K ⁺ cmol kg ⁻¹	0.25	0.74	2.78	0.67	0.17	0.60
Na ⁺ cmol kg ⁻¹	0.08	1.51	0.48	0.65	0.16	0.35
% SB	35	72	>100	76	33	53

DA=Densidad aparente; DR=Densidad real; % P= porcentaje de porosidad; CO=Carbono orgánico, Nt=Nitrógeno total; CIC= capacidad de intercambio catiónico; SB= Saturación de bases; nd= no determinado

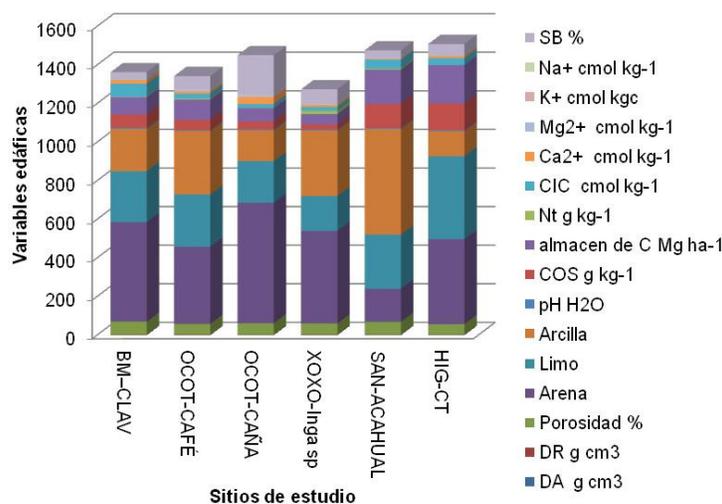


Figura 2. Variabilidad de las propiedades edáficas en suelos de agroecosistemas con diferente manejo.

El efecto inducido por la vegetación en el BM en el ciclo biogeoquímico de las bases intercambiables se traduce en una tendencia a su acumulación en el horizonte superficial del suelo (0-20cm). Sin embargo, se tiene una tendencia a la pérdida de bases tanto en el BM como en la Finca San Angel, mientras en los agroecosistemas se sugiere que el manejo favorece la mayor saturación presentando un cambio a la meso y eutrofia. Los suelos del área de estudio se desarrollan con influencia de cenizas volcánicas intemperizadas (García et al. 1989, Ticante, 2000 y Sánchez, 1980) en general corresponden a suelos con profundidades de más de 1.50 m. Las características físicas del suelo muestran que presentan fracciones gruesas e intermedias siendo por lo tanto suelos con un alto espacio poroso (>50%). En el caso los sitios de Puebla, la formación del suelo a partir de mezclas de minerales sedimentarios e ígneos da origen a texturas ligeramente más pesadas por la abundancia de fracciones limosas y arcillosas, con una alta porosidad que puede asociarse a su alto contenido de carbono que favorece la estructura y la porosidad del suelo. La reacción ácida a fuertemente ácida del suelo se asocia a las elevadas precipitaciones en la región de la Sierra Norte de Puebla, posiblemente con presencia de aluminio activo debido a los aportes de materiales volcánicos recientes.

Los cambios a mediano plazo en el almacén de CO en los horizontes estudiados muestran para los sitios de Veracruz un aumento del 78 % en el BM y en el cañaveral durante las últimas tres décadas, al contrario de lo esperado. Mientras los almacenes de CO en el cafetal disminuyeron un 28%, lo anterior se asocia a la mayor sensibilidad de COS en el horizonte superficial ante el uso del suelo en los agroecosistemas con respecto a los ambientes forestales donde los cambios son mas graduales dado que dependen de la velocidad de descomposición en el horizonte O y a la vez de su calidad (Poeplau y Don, 2013). Y a la vez a las prácticas de manejo conforme a la historia de abonamiento y fertilización elevadas en el cañaveral en los últimos años (comunicación personal).

Conclusiones

La dinámica del almacén de carbono orgánico de los horizontes superficiales estudiados a mediano y corto plazo en los Andosoles melánicos de Veracruz corresponde a una mayor capacidad de secuestro de carbono en el bosque mesófilo de montaña a lo largo del periodo de estudio alcanzando el 78%, con respecto a los sitios con cambio de uso del suelo a cañaveral 78% y al cafetal colindante con una disminución del 28%. En los sitios del municipio de Hueytamalco el almacén de carbono en el cafetal y en el bosque secundario acusaron un aumento de 138% y 105% respectivamente, en el Ultisoles el almacén de CO disminuyó un 30%.

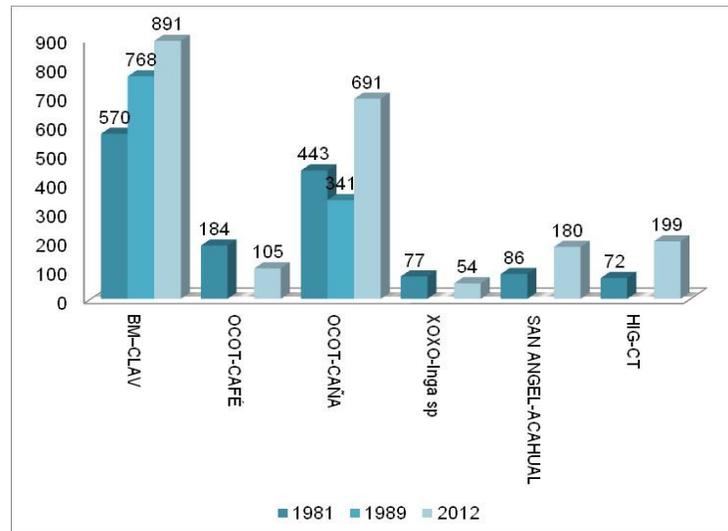


Figura 3. Variación del almacén de CO en los suelos superficiales estudiados.

Bibliografía

- Cabrera JA, R Zuaznabar. 2010. Impacto sobre el ambiente del monocultivo de la caña de azúcar con el uso de la quema para la cosecha y la fertilización nitrogenada. i. balance del carbono. *Cult Trop* 31: 5-13.
- Casanova-Lugo F, J. Petit-Aldana, J Solorio Sánchez. 2011. Los sistemas agroforestales como alternativas de captura de carbono en el trópico húmedo. *Rev Chapingo, S Cien For Amb* 17: 5-118.
- Dijkstra FA. 2001. Effects of the tree species on the soil properties in a forest of the northeastern of United States. Institute of Ecosystem Studies, USA.
- Frangi JL, E. Lugo. 1991. Ecosystem dynamics of a subtropical flood plain forest. *Biotropica* 23: 324-325.
- García Calderón NE, F Velasco F, NH Aguilera. 1989. Evolución regresiva de diversos parámetros edáficos en agroecosistemas (cafetales, cañaverales) derivados del bosque mesófilo de montaña (México). *An Edaf Agrob* 48: 591-603.
- García E. 1970. Los climas del estado de Veracruz. *Ann Inst Biól. UNAM. Ser. Botánica* 41: 3-42.
- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppe. UNAM.
- Geissert D., A. Ibáñez. 2008. Calidad y ambiente fisicoquímico de los suelos: 15-32. En: Hernández RH, O Gallina, S Mehlreter, K Mason (eds.) *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz, biodiversidad, manejo y conservación*. INECOL, INE, SEMARNAT, Mex.
- Henrot J, PG Robertson. 1994. Vegetation removal in two soils of the humid tropics: effects on microbial biomass. *16: 111-116*.
- Janzen, HH. 2004. Sensitivity of soil organic carbon and fractions to different land-use changes across Europe. *Geoderma* 192: 189-201.
- Lal R, K Lorenz, RF Hüttl, BW Scheider, J von Braun (eds). 2013. *Ecosystem services and carbon sequestration in the biosphere*. Springer, London.
- Masciandaro C, B Ceccanti, JF Gallardo Lancho. 1998. Organic matter properties in cultivated versus set aside arable soil. *Agric Ecos Environ* 67: 267-274.
- Moguel O y V Toledo. 1999. Conservación de la biodiversidad en sistemas de cultivo tradicional de café en México. *Cons Biol* 13: 1-11.
- Paustian K, HP Collin, EA Paul. 1997. Management control of soil carbon. p. 15-50. In: Paul, EA, KH Paustian, ET Elliot, CV Cole (eds) *Soil organic matter in temperate ecosystem: long term experiments in North America*.
- Porta J, M López Acevedo, C Roquero. 2003. *Edafología. Para la agricultura y el medioambiente*. Mundi-Prensa, Esp.
- Pouplau C, A Don. 2013. Sensitivity of soil organic carbon and fractions to different land-use changes across Europe. *Geoderma* 192: 189-201.
- Rao MR, PKP Nair, CK Jong. 1998. Biophysical interaction in tropical agroforestry system. *Agrof Syst* 38: 3-50.
- Sánchez BS. 1980. Estudios edafológicos de suelos cafetaleros en la zona volcánica del municipio de Hueytamalco, Edo. de Puebla. Tesis Biología, Fac. de Ciencias, UNAM, Mex.
- Soil Survey Staff. 1994. Claves para la taxonomía de suelos. *Soc Mex Cien Suelo*, Chapingo, Mex.
- Ticante RJA. 2000. Investigaciones edafológicas sobre el estado de degradación de agrosistemas cafetaleros y otros agrosistemas en la Sierra Norte de Puebla. Tesis M. en Ciencias (Edafología), Fac. de Ciencias, UNAM, Méx.
- Van Reeuwijk, 2000. *Procedures for soil analysis*, ISRIC - FAO, 6a ed, Wageningen, Holand.
- WRB, 2008. Base referencial mundial del recurso suelo. *Boletín* 103, FAO, ISRIC, IUSS, Roma.

PROPIEDADES DEL SUELO Y FIJACIÓN DE CARBONO BAJO TRES SISTEMAS DE LABRANZA EN EL DÉCIMO TERCER AÑO DE TRATAMIENTO

Pérez Nieto, J.^{1*}; García Buendía, A. C.¹; Valdés Velarde, E.¹; Ayala Sánchez C.¹

¹ Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México, México.

*jperez14@hotmail.com; Carretera México-Texcoco Km 38.5. Col. Chapingo. Texcoco, Estado de México, México. CP 56230; Tel. +52(01595)-952-1642.

Resumen

Los sistemas de labranza de conservación pueden mejorar las propiedades del suelo. El objetivo fue evaluar el efecto de diferentes sistemas de labranza sobre las propiedades del suelo resaltando la fijación de carbono atmosférico, después de trece años de tratamiento. El estudio se realizó en un Mollisol de riego y en un Inceptisol de temporal en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo. Se evaluaron las características físicas y químicas del suelo a 0-3, 15-18 y 30-33 cm de profundidad, bajo los tratamientos labranza cero (LC) y mínima (LM) de conservación, y convencional (LCV), en un diseño experimental cuadro latino. En ambos suelos se pudo observar que las características físicas y químicas fueron mejores en los sistemas de labranza de conservación comparados con labranza convencional, aunque las características físicas no mostraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$). Sin embargo, las características químicas de CO, MO, P, K y la CIC presentaron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$), mostrando valores mayores en LC y LM comparados con LCV a la profundidad 0-30 cm principalmente en el Mollisol. El COS mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el Mollisol a la profundidad 0-10 cm con valores mayores en los sistemas de labranza de conservación con relación a LCV, mostrando 27.2 Mg ha⁻¹ en LC comparado con 11.8 Mg ha⁻¹ en LCV, mientras que en el Inceptisol LC mostró 35.5 Mg ha⁻¹ comparado con 19.5 Mg ha⁻¹ en LCV, sin ser significativos.

Palabras clave: Propiedades físicas y químicas del suelo

Introducción

La labranza convencional libera gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global. Estos gases son el producto del uso de fertilizantes, agroquímicos, maquinaria, etc. También la oxidación de la materia orgánica del suelo, erosión y quema de rastrojos son prácticas que contribuyen a la liberación de carbono al ambiente (Sandoval *et al.*, 2003).

Alternativamente, la labranza de conservación constituye una opción para mitigar los efectos negativos de la labranza convencional. Técnicas como la labranza de conservación han mostrado excelentes resultados en varias regiones del mundo, pero al igual que la labranza convencional no se le debe aceptar sin evidencias científicas locales (Navarro *et al.*, 2000).

En este trabajo se evaluó el efecto de la labranza de conservación y convencional sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo, y sobre la fijación de carbono durante el ciclo de cultivo primavera – verano 2011 en el cultivo de frijol, en un Mollisol bajo riego y un Inceptisol bajo temporal, en el Campo Agrícola Experimental de la UACH, en Texcoco, Estado de México.

Materiales y Métodos

Un experimento de campo a largo plazo, de 1999 a 2011, se realizó en un MOLLISOL (Soil Taxonomy) en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), 19° 29' LN, 98° 53' LW a 2240 msnm. Los tratamientos evaluados fueron tres sistemas de labranza: labranza cero (LC) y mínima (LM) de conservación comparados con labranza convencional (LCV) en una rotación de los cultivos de frijol (*P. vulgaris*) o maíz (*Z. mays*) en primavera/verano y trigo (*T. aestivum*) o avena (*A. sativa*) en el ciclo de otoño/invierno en el suelo bajo riego.

Los tratamientos fueron arreglados en un Diseño Experimental Cuadro Latino con tres columnas, tres hileras y tres repeticiones. El tamaño de la parcela individual fue de 46 x 46 m, y los tratamientos continuaron en la misma parcela cada año para determinar su influencia sobre las propiedades del suelo y fijación de carbono a largo plazo.

En primavera/verano de 2011, se cultivó frijol variedad Flor de Durazno, densidad de población 125,000 a 130,000 plantas ha⁻¹ y fórmula de fertilización 40-40-00; siguiendo un manejo normal para la región de Chapingo, excepto por las prácticas diferentes en cada tratamiento. El terreno bajo LCV se laboreó con arado de discos a 30 cm de profundidad después de la cosecha del cultivo anterior, rastreó y cruzó con discos a 20 cm de profundidad antes de la siembra. En LM, el suelo fue preparado con un arado de cinceles a 20 cm de profundidad. En LC no se realizó ninguna labor de preparación del terreno. Tanto en LC como en LM la siembra se realizó sobre el terreno con al menos 30% de la superficie cubierta con residuos del cultivo anterior y el control de malezas se realizó químicamente. El frijol fue sembrado con una sembradora de labranza de conservación en los tres tratamientos. Las muestras de suelo para determinación de Densidad aparente (Dap), Humedad gravimétrica (Hg) y Humedad volumétrica (Hv), fueron tomadas cuando el cultivo se encontraba en madurez fisiológica, en la parcela útil de 400 m² en cada unidad experimental, en sitios aleatorizados expofeso. En cada sitio de muestreo se obtuvieron tres muestras de suelo correspondientes a las profundidades: 0-3cm, 15-18cm y 30-33cm, sacadas a 10cm de distancia de la base del tallo de una planta con competencia completa. El muestreo se realizó mediante el método de doble cilindro (5.7cm de diámetro X 2.9cm de altura). Las muestras compuestas del suelo para determinación de pH, Conductividad eléctrica (CE), Carbono Orgánico (CO), Materia orgánica (MO), Nitrógeno total (N), Fósforo extractable (P), Potasio intercambiable (K) y Capacidad de intercambio catiónico (CIC) fueron obtenidas aleatoriamente igual que para las características físicas, mediante métodos convencionales. La fijación de carbono orgánico en el suelo (COS) se determinó mediante la siguiente ecuación: $COS = \frac{CO}{Dap} (P)$; donde: COS= contenido de carbono orgánico del suelo (t ha⁻¹), CO= contenido de carbono orgánico en el suelo (%), Dap= densidad aparente del suelo (g cm⁻³) y P= profundidad del suelo (cm).

El análisis estadístico de las propiedades físicas y químicas del suelo se realizó mediante el paquete estadístico SAS, con el cual se realizó el análisis de varianza y prueba de comparación de medias (Tukey $P \leq 0.05$).

Resultados y Discusión

El Cuadro 1 presenta los resultados sobre las propiedades físicas y químicas del suelo, con coeficientes de determinación (0.49 – 0.97) y de variación (1.99 – 30.64) aceptables, no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) en las variables Dap, Hg y Hv entre sistemas de labranza, a las profundidades 0-3 cm, 15-18 cm y 30-33, en ningún tipo de suelo. Sin embargo, en el Inceptisol se pudo observar que la humedad del suelo fue mejor en los sistemas de labranza de conservación comparados con LCV a la profundidad 0-3 cm; especialmente la Hv coincidiendo con Mora *et al.* (2001) quienes encontraron que la humedad en suelos bajo LC fue mayor que en LCV; mientras que en el Mollisol el mayor contenido de Hg se observó en LCV en comparación a LC y LM. El pH no mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) por efecto de los sistemas de labranza, a ninguna profundidad en ningún suelo, sin embargo en términos absolutos

mostró ser ligeramente más ácido en los sistemas de labranza de conservación comparados con LCV, en la profundidad 0-3 cm. La CE y el N no presentaron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) por efecto de sistema de labranza. Los contenidos de CO, MO, P, K y CIC mostraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) por efecto de tratamiento en el Mollisol a la profundidad 0-3 cm, indicando mayores contenidos de ellos en LC y LM comparados con LCV. Similarmente, la MO y el P mostraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) por efecto de tratamiento en el Inceptisol a la profundidad 0-3 cm. Lo cual mostró una estratificación de estas propiedades en los perfiles de los suelos estudiados, al registrarse un contenido mayor de ellos en las capas superficiales que en las capas inferiores. La COS presentó diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) por efecto de sistema de labranza en el Mollisol a la profundidad 0-10 cm (Figura 1); mostrando que el contenido de COS en LC y LM es mayor que en LCV. El Inceptisol no mostró diferencias estadísticas significativas a ninguna profundidad estudiada. En general y en términos absolutos, el COS en ambos tipos de suelo, fue mayor en los sistemas de labranza de conservación comparados con LCV en todo el perfil del suelo.

Cuadro 1. Características del suelo bajo diferentes sistemas de labranza durante el décimo tercer año de tratamiento.

Características	MOLLISOL			INCEPTISOL		
	LCC*	LMC	LCV	LCC	LMC	LCV
Densidad aparente prof 0-3cm (g cm^{-3})	0.94 ^a	0.94 ^a	0.87 ^a	1.30 ^a	1.23 ^a	1.13 ^a
Humedad gravimétrica prof 0-3cm (%)	30.7 ^a	26.3 ^a	32.6 ^a	20.3 ^a	16.7 ^a	16.0 ^a
Humedad volumétrica prof 0.3cm (%)	29.0 ^a	24.3 ^a	27.7 ^a	26.0 ^a	20.0 ^a	18.3 ^a
pH profundidad 0-3cm	7.2 ^a	7.3 ^a	7.4 ^a	7.0 ^a	7.0 ^a	7.8 ^a
CE profundidad 0-3cm (mmhos/cm)	0.31 ^a	0.33 ^a	0.25 ^a	0.25 ^a	0.25 ^a	0.14 ^a
CO profundidad 0-3cm (%)	2.90 ^a	2.13 ^b	1.37 ^c	2.63 ^a	2.17 ^a	1.67 ^a
MO profundidad 0-3cm (%)	4.90 ^a	3.67 ^a	2.33 ^b	4.53 ^a	3.77 ^{ab}	2.83 ^b
N total profundidad 0-3cm (%)	0.19 ^a	0.15 ^a	0.12 ^a	0.06 ^a	0.08 ^a	0.06 ^a
P ext profundidad 0-3 cm (mg/kg)	59.6 ^a	47.3 ^b	31.1 ^c	147 ^a	84.9 ^a	7.3 ^b
K int profundidad 0-3 cm (mg/kg)	1947 ^a	1567 ^a	776 ^b	801 ^a	723 ^a	343 ^a
CIC profundidad 0-3 cm (Cmol(+)/kg)	43.1 ^a	42.0 ^{ab}	38.0 ^b	24.8 ^a	22.8 ^a	24.5 ^a
Densidad aparente prof 15-18 cm (g cm^{-3})	1.00 ^a	1.03 ^a	0.92 ^a	1.33 ^a	1.23 ^a	1.17 ^a
Humedad gravimétrica prof 15-18 cm (%)	33.0 ^a	34.7 ^a	33.7 ^a	20.0 ^a	18.3 ^a	19.0 ^a
Humedad volumétrica prof 15-18 cm (%)	33.3 ^a	35.7 ^a	30.7 ^a	26.0 ^a	22.7 ^a	23.0 ^a
pH profundidad 15-18 cm	7.3 ^a	7.4 ^a	7.4 ^a	7.6 ^a	8.0 ^a	7.8 ^a
CE profundidad 15-18cm (mmhos/cm)	0.22 ^a	0.30 ^a	0.24 ^a	0.19 ^a	0.14 ^a	0.13 ^a
CO prof 15-18cm (%)	1.63 ^a	1.30 ^a	1.27 ^a	1.67 ^a	1.57 ^{ab}	1.37 ^b
MO profundidad 15-18cm (%)	2.80 ^a	2.20 ^a	2.17 ^a	2.83 ^a	2.70 ^a	2.37 ^a
N total profundidad 15-18cm (%)	0.11 ^a	0.12 ^a	0.13 ^a	0.06 ^a	0.05 ^a	0.06 ^a
P ext profundidad 15-18cm (mg/kg)	39.5 ^a	29.9 ^a	44.4 ^a	7.9 ^a	3.1 ^a	5.2 ^a
K int profundidad 15-18cm (mg/kg)	778 ^a	670 ^a	667 ^a	199 ^a	209 ^a	289 ^a
CIC profundidad 15-18cm (Cmol(+)/kg)	41.8 ^a	42.5 ^a	33.8 ^a	24.3 ^a	25.4 ^a	23.5 ^a
Densidad aparente prof 30-33cm (g cm^{-3})	0.96 ^a	1.02 ^a	0.96 ^a	1.30 ^a	1.27 ^a	1.27 ^a
Humedad gravimétrica prof 30-33 cm (%)	35.7 ^a	36.7 ^a	33.0 ^a	19.7 ^a	18.3 ^a	18.0 ^a
Humedad volumétrica prof 30-33 cm (%)	33.7 ^a	37.0 ^a	31.3 ^a	24.7 ^a	23.0 ^a	22.7 ^a
pH profundidad 30-33cm	7.5 ^a	7.5 ^a	7.7 ^a	8.0 ^a	7.6 ^a	7.9 ^a
CE profundidad 30-33cm (mmhos/cm)	0.27 ^a	0.26 ^a	0.28 ^a	0.15 ^a	0.14 ^a	0.20 ^a
CO prof 30-33cm (%)	1.07 ^a	0.93 ^a	0.70 ^a	1.33 ^b	1.50 ^a	1.20 ^b
MO profundidad 30-33cm (%)	1.87 ^a	1.63 ^a	1.23 ^a	2.30 ^{ab}	2.57 ^a	2.07 ^b
N total profundidad 30-33cm (%)	0.08 ^a	0.10 ^a	0.13 ^a	0.05 ^a	0.04 ^a	0.05 ^a
P ext profundidad 30-33cm (mg/kg)	16.8 ^a	38.9 ^a	6.8 ^a	3.5 ^a	1.2 ^a	4.0 ^a
K int profundidad 30-33cm (mg/kg)	479 ^a	639 ^a	469 ^a	178 ^a	205 ^a	213 ^a
CIC profundidad 30-33cm (Cmol(+)/kg)	39.4 ^a	41.1 ^a	37.9 ^a	22.5 ^a	21.8 ^a	19.2 ^a

*LC= Labranza cero de conservación, LM= Labranza mínima de conservación, LCV= Labranza convencional. Medias con igual letra sobre la misma hilera denotan diferencias estadísticamente no significativas ($P \leq 0.05$).

Conclusiones

A los trece años de tratamiento, en términos generales y absolutos, las características físicas y químicas mostraron mejores valores en los sistemas de labranza de conservación que en el sistema de labranza convencional a la profundidad 0-3 cm en los suelos Mollisol e Inceptisol estudiados. Destaca la fijación significativa de C en el Mollisol y absoluta en el Inceptisol en la capa superficial del suelo tanto en labranza cero como en mínima de conservación.

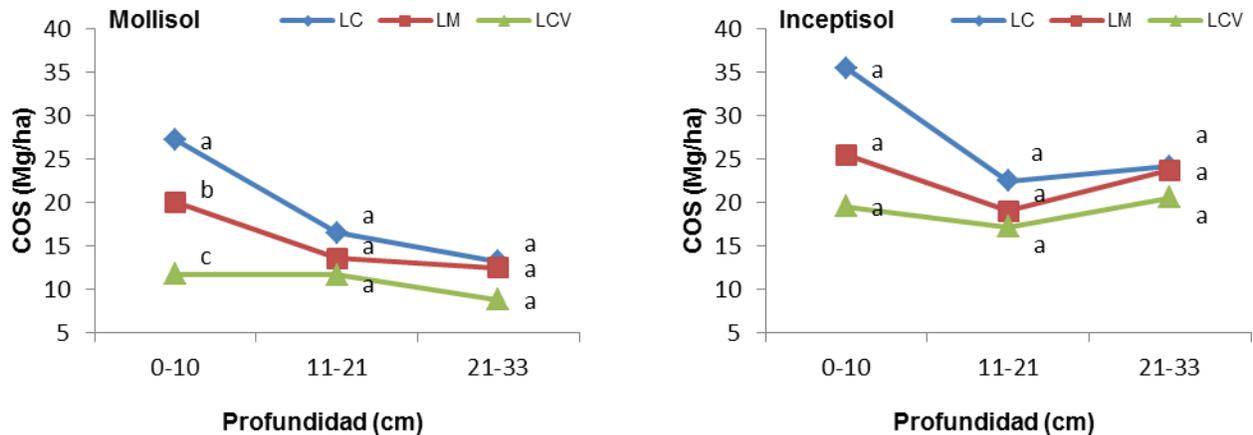


Figura 1. Comportamiento de la fijación de carbono orgánico en el suelo (COS) en los perfiles del Mollisol e Inceptisol por sistema de labranza y profundidad bajo cultivo de frijol en el décimo tercer año de tratamiento. Literales iguales en la misma profundidad expresan diferencias estadísticas no significativas.

Bibliografía

- Mora – Gutiérrez, M.; V. Ordaz – Chaparro; J. Z. Castellanos; A. Aguilar – Santelises, F. Gavi y V. Volke – Haller. 2001. Sistema de labranza y sus efectos en algunas propiedades físicas en un vertisol, después de cuatro años de manejo. *Terra Latinoamericana* 19: 67-74.
- Navarro – Bravo A.;B. Figueroa – Sandoval; V. M- Ordaz –Chaparro y F. V. González – Cossio. 2000. Efecto de la labranza sobre la estructura del suelo, la germinación y el desarrollo del maíz y frijol. *Terra Latinoamericana* 18: 61 -69.
- Sandoval-Estrada, M.; N. Stolpe-Lau; E. Zagal- Venegas; M. Mardones- Flores y J. Judond – Montano. 2003. El secuestro de carbono en la agricultura y su importancia con el calentamiento global. *Theoria* 12: 65 – 71.

CONTENIDO DE CARBONO EN SISTEMAS AGROFORESTALES DE CAFÉ EN HUATUSCO, VERACRUZ, MÉXICO

Valdés Velarde, E.¹; Masuhara, A.²; Pérez Nieto, J.¹; Martínez Pérez, D.³; Ordaz Chaparro, V. M.⁴; Merino, A.⁵

¹Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. México.

²Sección de Cambio Climático, Museo de Ciencias de Tokio. Japón.

³Centro Regional Universitario Oriente (CRUO), Universidad Autónoma Chapingo. Huatusco, Veracruz, México.

⁴Programa de Edafología, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

⁵Escuela Politécnica Superior, Universidad de Santiago de Compostela. Lugo, Galicia, España.

*Autor responsable: edu@colpos.mx; Calle: Carretera México-Texcoco Km 38.5, Col. Chapingo, Texcoco, Estado de México. México. CP 56230; Tel. +52(595)-95-215 00 Exts. 6140, 6182 y 7182.

Resumen

A nivel mundial los efectos del cambio climático son muy conocidos. El potencial de la captura de carbono (C) en el sector agrícola y forestal es significativo. Los sistemas agroforestales (SAF's) tienen una ventaja estratégica importante para la captación de C debido al contenido potencial de este elemento en las múltiples especies de plantas que conviven simultáneamente. El objetivo general de este estudio fue determinar el C almacenado en los estratos aéreos y en el suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en Huatusco, Veracruz. El estudio se realizó en el campo experimental del Centro Regional Universitario Oriente (CRUO) de la Universidad Autónoma Chapingo en 2011. Los resultados indican que el sistema con mayor contenido de C total fue el bosque mesófilo de montaña –BMM- (481 Mg ha⁻¹) y los de menor fueron: el Sistema Policultivo Tradicional Café con árboles de uso múltiple –PTR- (188 Mg ha⁻¹) y el Sistema Especializado o Monocultivo de Café con árboles de *Inga* como sombra –ESP- (133 Mg ha⁻¹). Los valores del C en la biomasa aérea (arbóreo, arbustivo, troncos, herbáceo y mantillo) fueron 14 Mg ha⁻¹, 28 Mg ha⁻¹ y 305 Mg ha⁻¹ en ESP, PTR y BMM, respectivamente. Los contenidos de C orgánico en el suelo (COS) a una profundidad de 0 a 60 cm fueron de 117 Mg ha⁻¹, 154 Mg ha⁻¹ y 128 Mg ha⁻¹ en ESP, PTR y BMM, respectivamente. El mayor porcentaje de COS con respecto al total de cada sistema se registró en los SAF's, con 88 % en ESP y 82 % en el PTR, mientras que en el BMM fue de 27 %.

Palabras clave: Carbono orgánico del suelo; policultivo tradicional; bosque mesófilo de montaña

Introducción

El cambio climático inducido en parte por diversas actividades humanas desarrolladas principalmente en países industrializados, es un problema mundial que afecta negativamente los procesos ecológicos, económicos y sociales que rigen el planeta (IPCC, 2001); se atribuye a la concentración en la atmósfera de los llamados “gases de efecto invernadero (GEI)” por arriba de los niveles históricos. Se estima que el incremento del bióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄) y ozono (O₃) en la atmósfera produce un aumento en la temperatura global y afecta los patrones de precipitación actuales. En los últimos 150 años, el nivel de concentraciones ha tenido un aumento significativo de CO₂ pasando de 280 ppm en la época pre-industrial a 379 ppm en 2005 (IPCC, 2007). Las emisiones de CO₂ por la actividad agrícola y forestal se calculan en sólo 5 % del total planetario, sin embargo, el potencial de almacenamiento de C en el sector agrícola y forestal es significativo (Benites *et al.*, 1999). Lal *et al.* (2006), mencionaron que el C orgánico del suelo (COS) almacenado en los primeros 100 cm es aproximadamente de 1500 a 1600 Pg (1 Peta

gramo= 1×10^{15} g) y de 470 a 655 Pg de C en el estrato vegetal. La descomposición de la MO aumenta la porción de C almacenado en el suelo (Seeberg- Elverfeldt, 2010). Para reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera se necesita una transformación tanto de nuestras fuentes y usos de la energía como de la forma en que se practica la agricultura, el uso de la tierra y los bosques (Banco Mundial, 2010). Los sistemas agroforestales son técnica, social y económicamente viables (De Jong *et al.*, 1997) y su potencial para el almacenamiento del C varía dependiendo del tipo de sistema, la composición de especies, su arreglo topológico, la edad, la ubicación geográfica y los factores ambientales (Jose, 2009). El cultivo de café en México se encuentra en 12 estados, 56 regiones, 382 municipios y 4326 comunidades, donde se localizan más de 30 grupos indígenas (Martínez *et al.*, 2006b). Veracruz ocupa el tercer lugar en superficie cultivada a nivel nacional con un poco más de 150,000 ha y el segundo lugar considerando su volumen de producción. Las regiones cafetaleras en México son ricas y diversas en flora y fauna, tres de los estados más importantes en producción de café registran los más altos índices de biodiversidad (Moguel y Toledo, 1999).

Por otro lado, el café (*Coffea arabica*. L.) es uno de los cultivos de mayor importancia económica, social, cultural y ambiental en México (Rosas *et al.*, 2008) y una actividad de gran relevancia para la población indígena y campesina que habita en las áreas montañosas (Anta, 2006). El sistema especializado es una modalidad de monocultivo y casi única con sombreado de leguminosas del género *Inga* (Altamirano, 1998). En cambio, la composición de la sombra del policultivo tradicional presenta una alta variedad de especies vegetales, que incluye elementos tanto de la vegetación natural como de especies cultivadas, tanto nativas como introducidas, con propósitos bien definidos (Rodríguez, 1994).

Los cafetales con sombra sostienen la productividad a través del tiempo, utilizan menos insumos, lo que las hace más confiables cuando bajan los bajos precios del café en algunos años de crisis. Conservan la naturaleza como es la fertilidad y erosión del suelo, contaminación del agua y conservación de la biodiversidad; además, aumenta el tamaño de grano, mejora el vigor y crecimiento de los cafetos, modifica la incidencia de plagas y enfermedades, incide en el control de malezas, y se obtienen productos adicionales (Muschler, 2006). Otros estudios han confirmado que los cafetales sombreados ayudan a obtener mayor densidad de grano y mejora la calidad en taza. La sombra además amortigua los contrastes fuertes de temperatura haciéndolas más adecuadas para el desarrollo del fruto, grano y resaltando las cualidades en taza (Martínez-Pérez, *et al.*, 2006a).

En la región de Huatusco, Veracruz, México, las alternativas para el manejo sostenible del cultivo de café son los sistemas agroforestales clasificados por Escamilla *et al.* (1994): sistema comercial, sistema de policultivo tradicional, sistema especializado, los cuales son los sistemas más comunes en la región en sus dos modalidades, convencional y orgánico, ya que representan el tipo de cultivo con más aceptación social por parte de la mayoría de los productores, y es más susceptible de mantener una producción sostenida de café orgánico. Como extremos de los sistemas de cultivo en la región de Huatusco, en general se encuentran, en cuanto al manejo convencional, el sistema ganadero (potrero) y el sistema a pleno sol (aunque este se encuentra prácticamente inexistente en la región; en contraste, por el lado del manejo tradicional, se encuentra el sistema rusticano, el cuál es también muy poco representativo).

El objetivo principal de la presente investigación fue estimar el C almacenado por la biomasa aérea (arbórea, arbustiva, troncos caídos, herbácea y de mantillo) mediante ecuaciones alométricas, y la determinación del contenido de C orgánico del suelo (COS) a cuatro profundidades (0-10, 10-20, 20-30, y 30-60 cm) en dos sistemas agroforestales de café: el Sistema Especializado (ESP) y el Policultivo Tradicional (PTR), para compararlo con el Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) en Huatusco, Veracruz.

Materiales y Métodos

Características del área de estudio

El estudio se realizó en el campo experimental del Centro Regional Universitario Oriente (CRUO) de la Universidad Autónoma Chapingo en Huatusco, Veracruz, el cual se ubica a los 19° 09' *Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo*

de latitud Norte y los 96° 57' de longitud Oeste, a una altitud de 1334 m, con una precipitación promedio anual de 1700.17 mm. El clima que prevalece en el centro regional está representado por la fórmula climática (A)C(m)w^v(i')g; esto es: una transición entre los cálidos A y los templados C (Cisneros *et al.*, 1993) con una temperatura media anual de 17.2 °C. Los suelos, en general, son de origen volcánico (Pérez, 2004). El pH varía entre 5.2 y 6.0 (Montiel y Robledo, 1998). Los grandes pendientes varían de 3 a 60 % (Licona, 1986.; Montiel y Robledo, 1998).

Descripción de los tratamientos

Sistema especializado (ESP). Es una modalidad en la que sólo se produce café (*Coffea arabica* L.) bajo sombra no diversa que se caracteriza por utilizar principalmente árboles del género *Inga*. Antes del sistema especializado había bosque mesófilo de montaña (hace 11 años). Este se localiza entre los 19°10'26" N y 96°57' 58" O a 1357 m de altitud, y su superficie fue de 0.5 hectárea (ha). La pendiente del terreno fue de 51%

Sistema policultivo tradicional (PTR). Consiste en una plantación de café bajo sombra en cuya composición existe una gran diversidad de árboles nativos o de vegetación natural así como de *Persea schiedeana* (chinene), *Inga* spp. (*Inga*), y *Grevillea robusta* (*grevillea*). Antes del sistema de policultivo tradicional había un sistema de potrero con pastoreo de ganado bovino (hace 30 años). Este se localiza a 19°10'26" N y 96°58'04" O a 1320 m de altitud, y su superficie fue de 0.3 ha. La pendiente del terreno fue de 9%.

Bosque mesófilo de montaña (BMM). La vegetación de BMM es dominada por las especies de *Liquidambar straciflua* L. (ocozote), *Meliosma alba* (quiavis), *Persea* spp. (aguacatillo), *Solanum muricatum* (hierba mora), *Chamaedorea tepejilote* (tepejilote), numerosas orquídeas y helechos. Este se localiza a 19°10' 45" N y 96°58' 03" O a 1284 m de altitud, y su superficie fue de 1.1 ha. La pendiente del terreno fue de 47% (Escamilla *et al.*, 1994)

Muestreo de suelo y medición de biomasa

El diseño de las unidades de muestreo (UM) fue de tipo sistemático. Para fines estadísticos se colocaron tres UM en sentido Norte – Sur (UM 2, 3 y 4) y una en sentido Este – Oeste (UM 1) en cada sistema del estudio (Figura 1). Las UM fueron marcos rectangulares de 25 x 4 m (100 m²). Para obtener el valor promedio de las UM se tomaron en cuenta los valores de los puntos N y S de cada una de las unidades (UM 2, 3 y 4) y de los puntos E y O de la UM 1, y así se obtuvieron muestras representativas de cada una de las UM que se utilizaron para calcular las características de la biomasa vegetal (arbustivo, herbácea y matillo) y del suelo (0-10, 10-20, 20-30, y 30-60 cm). Para la medición del C edáfico en los sistemas estudiados se colectaron muestras de dos pozos por UM. (Figura 2). Para determinar la densidad aparente (ρ_b) del suelo se utilizó un tubo muestreador de PVC de 10 cm de largo y 5.5 cm de diámetro. El tubo se golpeó verticalmente con una tabla de madera y un martillo o maceta hasta penetrar totalmente en cada profundidad (Etchevers *et al.*, 2005.; Rüginitz *et al.*, 2008).

Para determinar la biomasa vegetal total se utilizó la siguiente ecuación:

$$BVT = (BA + Ba + BTC + BH + BM + BR)$$

Donde: BVT = biomasa vegetal total (Mg ha⁻¹), BA = biomasa arbórea (Mg ha⁻¹), Ba = biomasa arbustiva (incluye cafetos) (Mg ha⁻¹), BTC = biomasa de troncos caídos (Mg ha⁻¹)

Carbono en la biomasa vegetal total. Para estimar la cantidad de C en la biomasa vegetal total se utilizó la siguiente manera:

$$CBV = BVT \cdot 0.5$$

Donde: CBV = C en la biomasa vegetal total (Mg ha⁻¹), BVT = biomasa vegetal total (Mg ha⁻¹), 0.5 = constante.

Cálculo del carbono total. Para determinar el carbono total (CT) almacenado en las diferentes UM se utilizó la siguiente fórmula:

$$CT = CBV + COS$$

Donde: CT = carbono total de la UM (Mg ha⁻¹), CBV = C en la biomasa vegetal total (Mg ha⁻¹), COS = C orgánico en el suelo (Mg ha⁻¹).

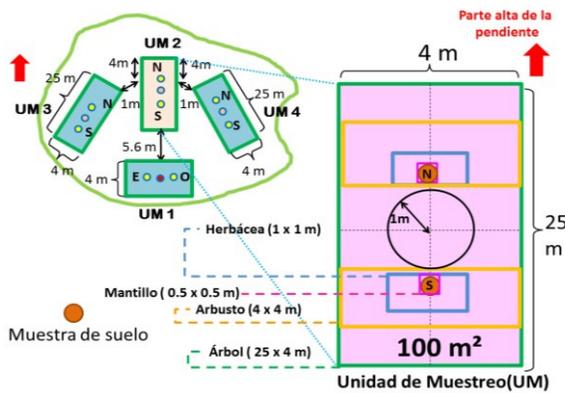


Figura 1. Diseño de la unidad de muestreo (UM).

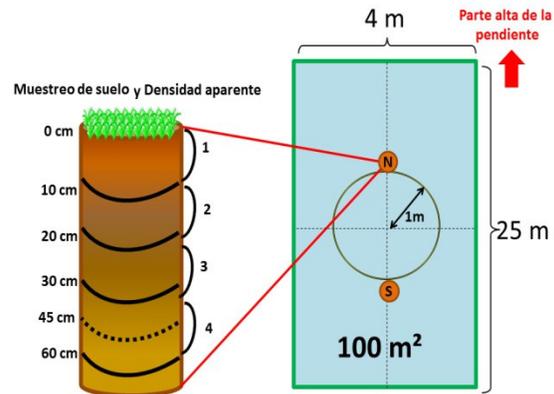


Figura 2. Muestreo del suelo (Masuhara, 2012).

Resultados y Discusión

Carbono almacenado en los árboles

La máxima cantidad de C almacenado en los árboles se encuentra en el BMM, con una cantidad 293.9 Mg ha^{-1} . Este resultado puede adjudicarse a la mayor densidad de árboles y a una mayor diversidad de especies. El BMM contó con un mayor número de árboles (1125 por ha), esta cantidad fue aproximadamente 10 veces mayor a la de los sistemas agroforestales evaluados (125 por ha). El sistema agroforestal con el PTR (20.9 Mg ha^{-1}) registró mayor contenido de C comparado con el sistema ESP (5.3 Mg ha^{-1}). Ambos sistemas contaron con la misma densidad de árboles (125 por ha); sin embargo, PTR presentó tres especies arbóreas: *Persea schiedeana* (chinene), *Inga spp.* (Inga), y *Grevillea robusta* (grevillea), las cuales registraron una gran cantidad de C almacenado.

Carbono almacenado en los arbustos (Cafetos)

Con respecto a la cantidad de C en los arbustos de los sistemas con café, hubo una diferencia ligeramente superior al C del sistema ESP (2.8 Mg ha^{-1}), aunque desde el punto de vista estadístico no fue significativa. En el PTR el contenido de C fue de 1.7 Mg ha^{-1} . La diferencia entre los dos sistemas fue la densidad por ha, 2281 cafetos en el sistema ESP y 1406 cafetos en el PTR. La cantidad de contenido de C en los arbustos del BMM (1.5 Mg ha^{-1}) fue menor que el de los sistemas agroforestales. La condición de los arbustos en el BMM fue la gran densidad, sin embargo, el diámetro del tallo resultó menor.

Carbono almacenado en troncos caídos

El sistema ESP registró menor cantidad de C almacenado de 0.02 Mg ha^{-1} . En el caso de PTR y BMM se registraron 0.19 Mg ha^{-1} y 3.95 Mg ha^{-1} , respectivamente. El número de los troncos caídos por ha fue igual (150) en el PTR y en el BMM. Sin embargo, el tamaño del tronco en cuanto a diámetro promedio y largo del tallo en BMM se registró aproximadamente dos veces más grueso y tres veces más largo que en el PTR.

Carbono almacenado en herbáceas y mantillo

El PTR presentó la mayor cantidad de C en el estrato herbáceo con 0.76 Mg ha^{-1} , que fue significativamente diferente de los otros dos sistemas.

En el sistema ESP se presentó muy poca cantidad de biomasa herbácea (0.02 Mg ha^{-1}). El BMM tuvo un valor mayor (0.14 Mg ha^{-1}) que el sistema ESP. En el caso del contenido de C del estrato del mantillo no existió diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos. El contenido de C en el mantillo fue 5.55 Mg ha^{-1} (ESP), 4.53 Mg ha^{-1} (PTR) y 5.47 Mg ha^{-1} (BMM). Se encontró mantillo en los sistemas agroforestales debido a que el muestreo se realizó en la época de cosecha de café. Además hubo menor densidad de árboles en el sistema ESP. Las condiciones

anteriores disminuyen la velocidad de la descomposición de la hojarasca. En cambio, una parte del mantillo en el BMM estuvo en un avanzado grado de descomposición. El caso de la descomposición alta de mantillo podría explicarse por la densidad y diversidad de árboles.

Carbono almacenado en las raíces.

cantidad de raíces varía proporcionalmente a la cantidad de biomasa arbórea. La mayor cantidad de C se encontró en el BMM (48.15 Mg ha⁻¹), ya que en este sistema se registró la máxima cantidad de árboles. En los otros dos sistemas agroforestales; ESP (1.96 Mg ha⁻¹) y PTR (4.97 Mg ha⁻¹) no existió diferencia estadísticamente significativa

Contenido de carbono en el suelo

El PTR fue en el que se obtuvo la mayor cantidad de C (154.3 Mg ha⁻¹), seguido del BMM (128.2 Mg ha⁻¹), y en el sistema ESP fue donde se encontró la menor cantidad (117.1 Mg ha⁻¹). En la primera capa de suelo (0-10 cm) se registró la mayor concentración de C, de aproximadamente 25% del total en los sistemas (Cuadro 1). El factor que ayuda a determinar la cantidad de C en el suelo es el historial del sistema en cuanto al cambio de uso de suelo. Tomando en cuenta que el sistema ESP era bosque en el año 2000 se debe considerar el C acumulado durante esa época. Por otra parte, al PTR se le han estado agregando cantidades considerables de MO desde los últimos treinta años, que a diferencia de los tratamientos con fertilizantes químicos, el PTR induce a la acumulación de C en el suelo, cuando años era potrero.

Cuadro 1. Contenido promedio de carbono orgánico en el suelo a diferentes profundidades de estudio.

Profundidad (cm)	Sistema Especializado (ESP)	Policultivo Tradicional (PTR)	Bosque Mesófilo de Montaña (BMM)
	Contenido de C (Mg ha ⁻¹)		
0-10	31.6 ± 3.03	38.4 ± 1.72	36.0 ± 0.22
10-20	22.7 ± 5.01	30.3 ± 0.84	25.1 ± 0.26
20-30	18.2 ± 5.65	26.5 ± 0.50	19.7 ± 1.96
30-60	44.5 ± 11.58	59.2 ± 9.04	47.4 ± 10.93
0-60	117.1 ± 23.92 a*	154.3 ± 9.74 a	128.2 ± 12.84 a
N	8	8	8

Distribución del contenido de carbono por componentes del sistema

En el sistema ESP el componente que constituyó la mayor proporción de C almacenado fue el suelo (0-60 cm de profundidad) que sumó el 88% (117.1 Mg ha⁻¹) del total, seguido por el C asociado al mantillo y a los árboles. Los contenidos de C tuvieron valores similares: 5.55 Mg ha⁻¹ (4%) y 5.28 Mg ha⁻¹ (4%), en mantillo y en árboles respectivamente. La menor cantidad de C se registró en los troncos caídos y en el estrato herbáceo (0.02 Mg ha⁻¹, 0.02%) (Cuadro 2).

En el PTR, el componente que reportó el mayor contenido de C también fue el suelo (0-60 cm de profundidad) con el 82% (154.3 Mg ha⁻¹) del total, seguido de los árboles (20.9 Mg ha⁻¹, 11%). El contenido de C asociado a la raíz y al mantillo fueron similares en ambos componentes, aproximadamente el 3% de total: 5.17 Mg ha⁻¹ y 4.53 Mg ha⁻¹ respectivamente. Los menores valores del C asociados en este sistema fueron los registrados en los troncos caídos (0.19 Mg ha⁻¹, 0.1%) (Cuadro 2). A diferencia de los otros sistemas, la mayor cantidad del C almacenado en BMM se debió al componente arbóreo (293.9 Mg ha⁻¹, 61%), seguido del componente suelo y de las raíces (128.2 Mg ha⁻¹, 27% y 48.15 Mg ha⁻¹, 10%, respectivamente).

La menor cantidad del C almacenado fue la del componente herbáceo (0.14 Mg ha⁻¹, 0.03%) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Distribución del contenido promedio de carbono en cada uno de los componentes de los sistemas estudiados.

Estrato	Café Especializado (ESP)		Café en Policultivo Tradicional (PTR)		Bosque Mesófilo de Montaña (BMM)	
	C (Mg ha ⁻¹)	(%)	C (Mg ha ⁻¹)	(%)	C (Mg ha ⁻¹)	(%)
Arbóreo	5.28 ^{b*}	4	20.9 ^b	1	293.93 ^a	61
Arbustivo	2.76 ^a	2	1.67 ^a	0	1.52 ^a	0.3
Troncos caídos	0.02 ^a	0.02	0.2 ^a	0.1	3.95 ^a	0.8
Herbáceo	0.02 ^b	0.02	0.76 ^a	0	0.14 ^a	0.03
Mantillo	5.55 ^a	4	4.53 ^a	2	5.47 ^a	1.1
Raíz	2.02 ^b	2	5.17 ^b	3	48.15 ^a	10
Suelo**	117.1 ^a	88	154.3 ^a	8	128.2 ^a	27
Total	132.7 ^b	100	187.6 ^b	100	481.4 ^a	100

*Letras iguales indican diferencias no significativas entre sistemas por estrato ($p < 0.05$).

**Profundidad de 0 a 60 cm.

Un comportamiento similar de la distribución del C se observó en un sistema agroforestal de café en Nicaragua (Suárez, 2002), donde el suelo (0-50 cm) resultó ser la fuente con mayor potencial de C almacenado, que fue aportado en un 90% (por el ESP) y 89% (por el PTR) al C total. Los valores del C total en la biomasa aérea en el sistema ESP de 14, 305 y 485 Mg ha⁻¹ (bosque mesófilo de montaña) en Perú. El C total almacenado en los sistemas agroforestales en un estudio llevado a cabo en Chiapas, México varía de 213.8 en ESP a 167.4 Mg ha⁻¹ en PTR a una profundidad de 0-30 cm (Soto-Pinto *et al.*, 2009). En Costa Rica, Ávila *et al.* (2001) encontraron 164.3 Mg ha⁻¹ de C total en monocultivo y 195 en policultivo (0-25 cm de profundidad) sin raíz, lo que se traduce en más de 89% de C almacenado en el suelo en sistemas agroforestales. En Oaxaca, México, Etchevers *et al.* (2001) reportaron 152 Mg ha⁻¹ de COS en el sistema especializado (0-105 cm de profundidad).

Los valores para el BMM encontrados en el presente estudio se asemejan a lo reportado por Masera *et al.* (2001), Ordóñez (2004) e INE-SEMARNAT (2005), citados por Vega-López (2009), en bosque de neblina; estos autores estimaron un contenido de C total de 430 Mg ha⁻¹ en México (aunque no mencionan en que parte del país). Por otra parte Etchevers *et al.* (2001) reportaron un valor de 255 Mg ha⁻¹ en un bosque mesófilo de Oaxaca (0-105 cm de profundidad), que es un valor inferior a los resultados de este estudio.

Conclusiones

La mayor cantidad de C total (CT) para este estudio se registró en el Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) con 481 Mg ha⁻¹, seguido del Policultivo Tradicional (PTR) con 188. El menor contenido de CT fue registrado en el Especializado (ESP) con un valor de 133 Mg ha⁻¹. La mayor cantidad significativa de CT se encontró en el BMM (61%) superando a los dos sistemas agroforestales ESP (4%) y PTR (11%) con los que se comparó; esto debido a que fue el sistema en el que se registró la mayor concentración de biomasa arbórea.

En cuanto a la biomasa aérea, el sistema de BMM sobresale de los dos sistemas agroforestales con un contenido de C de 305 Mg ha⁻¹, mientras que los sistemas PTR y ESP tuvieron 28 y 14 Mg ha⁻¹, respectivamente. En lo que respecta al contenido de C orgánico del suelo (COS), se encontró que no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los sistemas agroforestales y el BMM. Sin embargo, la mayor cantidad de COS se registró en los sistemas agroforestales, con un 88% en el sistema ESP y 82% en el PTR, y 27% en el BMM. La mayor cantidad de C se registró en la capa

superficial de 0 a 10 cm. Estos valores disminuyeron gradualmente en todos los casos a medida que aumentó la profundidad de muestreo.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Centro Regional Universitario Oriente (CRUO) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) por el apoyo logístico; a la Dirección General de Investigación y Postgrado (DGIP) de la UACH y a la Línea Prioritaria de Investigación No. 1 (LPI-1): *Manejo de Recursos Naturales* del Colegio de Postgraduados, por el financiamiento de la presente investigación; y a la Secretaría Relaciones Exteriores (SRE) por la beca otorgada al segundo autor.

Bibliografía

- Altamirano B., J.L. 1998. Evaluación integral del sistema policultivo café-plátano- macadamia, en el municipio de Chocamán, Veracruz. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp: 8-43.
- Anta F., S. 2006. El café de sombra: un ejemplo de pago de servicios ambientales para proteger la biodiversidad. México. Gaceta ecológica 80: 19-31.
- Ávila, G., F. Jiménez, J. Beer, M. Gómez y M. Ibrahim. 2001. Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 8 (30): 32-35.
- Banco Mundial. 2010. Desarrollo y Cambio Climático; panorama general. Informe sobre desarrollo mundial. Washington, DC, USA. 60 p.
- Benites, J., R. Dudal and P. Koohafkan. 1999. Land, the platform for local food security and global environmental protection. *In: Prevention of land degradation, enhancement of carbon sequestration and conservation of biodiversity through land use change and sustainable land management with a focus on Latin American and the Caribbean. Proceedings of the IFAD/FAO expert consultation. Roma, Italy.* pp: 37-42.
- Cisneros S., V.M., D. Martínez P, S. Díaz C, J. A. Torres R, C. Guadarrama Z y A. Cruz L. 1993. Clima. *In: Caracterización de la agricultura de la zona centro de Veracruz.* Centro Regional Universitario Oriente (CRUO). Universidad Autónoma Chapingo. Veracruz, México. pp: 15- 20.
- De Jong, B., R. Tipper y J. Taylor. 1997. A framework for monitoring and evaluating carbon mitigation by farm forestry projects: example of a demonstration project in Chiapas, Mexico. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 2: 231-246.
- Escamilla P., E., A.L. Licona V, S. Díaz C, H.V. Santoyo C, R. Sosa y L. Rodríguez R. 1994. Los sistemas de producción de café en el centro de Veracruz, México; un análisis tecnológico. *Revista de Historia* 30: 41-67.
- Etchevers, J., M. Acosta, C. Monreal, K. Quednow y L. Jiménez. 2001. Los stocks de carbono en diferentes compartimientos de la parte aérea y subterránea en sistemas forestales y agrícolas de ladera en México. *In: Simposio Internacional y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales.* 18 al 20 de Octubre del 2001. Valdivia, Chile. 19 p.
- Etchevers, J. D., C. M. Monreal, C. Hidalgo, M. Acosta, J. Padilla y R. M. López. 2005. Manual para la determinación de carbono en la parte aérea y subterránea de sistemas de producción en laderas. Colegio de Postgraduados. México. 29 p.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2001. Cambio Climático 2001. Impactos, adaptación vulnerabilidad. Tercer Informe de Evaluación. 95 p. http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/vol4/spanish/pdf/wg2sum.pdf. [Consultado: 07/08/10].
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2007. Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA. 996 p.
- Jose, S. 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefit: an overview. *Agroforest Systems* 76:1-10.
- Lal, R. 2006. Carbon sequestration in soils of Latin America. *In: Carbon sequestration in soils of Latin America.* Lal, R., C.C. Cerri, M. Bernoux, J. Etchevers y E. Cerri (eds.). USDA New York. USA. pp: 42-43.
- Lapeyre, T., J. Alegre y L. Arévalo. 2004. Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú. *Ecología Aplicada* 3(1,2):35-44.
- Licona V., A. 1986. Análisis fisiográfico del área de influencia del Centro Regional Huatusco, Veracruz. Centro Regional Universitario Oriente (CRUO). Veracruz, México. 254 p.
- Martínez-Pérez, D.; E. Pérez-Portilla y J. G. Partida-Sedas. 2006a. Los perfiles de sabor del café en el estado de Veracruz. En: INIFAP, CP, UACH y ITUG, ITBOCA, UNAM 2006. Avances en la investigación agrícola, pecuaria, forestal y acuícola en el trópico mexicano. Libro científico número 3, Veracruz, Mexico. pp. 211-221.
- Martínez P., D.; E. Pérez P.; J. G. Partida S y P. Läderach. 2006b. Algunos impactos de los efectos abióticos, bióticos y de proceso industrial sobre características relacionadas con la calidad del café en Veracruz, México. En: Pohlan J.; L. Soto y J. Barrera (Ed.). *El cafetal del futuro; realidades y visiones.* Shaker Verlag. Aachen, Alemania, pp. 177-188.

- Masuhara, A. 2012. Evaluación del contenido de carbono en sistemas agroforestales de café en Huatusco, Veracruz, México. Tesis Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. México. 146 p.
- Montiel R., B. y J.D. Robledo M. 1998. Caracterización, descripción y evaluación de especies fruales en el banco genético del CRUO. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Córdoba, Veracruz, México, pp: 32-35.
- Moguel P. y V. M. Toledo. 1999. El café en México; ecología, cultura indígena y sustentabilidad. *El Jarocho Verde* 11:3-12.
- Muschler, R. G. 2006. Manejo de sombra para cafetales sostenibles. En: Pohlan, J.; L. Soto y J. Barrera (Ed.) *El cafetal del futuro, realidades y visiones*. Ed. Shaker Verlag. Aachen. Alemania. pp. 39-61.
- Pérez P., J.R. 2004. Colecciones *ex situ* de la Universidad Autónoma Chapingo en Huatusco, Ver. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 126 p.
- Rodríguez R., L. 1994. Sistemas de policultivo comercial de café, en la zona centro de Veracruz. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp: 16-17.
- Rosas A.J., E. Escamilla P y O. Ruiz R. 2008. Relación de los nutrientes del suelo con las características físicas y sensoriales del café orgánico. *Terra Latino Americana* 26: 375-384.
- Rügnitz T., M., M. Chacón L y R. Porro. 2008. Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Consorcio Iniciativa Amazónica (IA) y Centro Mundial Agroforestal (ICRAF). Belém, Brasil. 63 p.
- Seeberg-Elverfeldt, C. 2010. Las posibilidades de financiación del carbono para la agricultura, la actividad forestal y otros proyectos de uso de la tierra en el contexto del pequeño agricultor. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia. 39 p.
- Segura, M., M. Kanninen and D. Suárez. 2006. Allometric models for estimating aboveground biomass of shade trees and coffee bushes grown together. *Agroforestry Systems* 68: 143–150.
- Soto-Pinto, L., M. Anzueto, J. Mendoza, G. Jimenez F and B. De Jong. 2009. Carbon sequestration through agroforestry in indigenous communities of Chiapas, Mexico. *Agroforest System* 78: 39-51.
- Suárez P., D.A. 2002. Cuantificación y valoración económica del servicio ambiental almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de café en la Comarca Yassica Sur, Matagalpa, Nicaragua. Tesis de maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 131 p.
- Vega-López, E. 2009. Importancia económica de las áreas naturales protegidas como sumideros de carbono en México. *Economía informal* 360: 114-120.
- Walkley, A. and I. A. Black. 1934. An Examination of Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. *Soil Science* 37:29-37.

ESTUDIO DEL CARBONO EN SISTEMAS AGROFORESTALES DE UNA REGIÓN CAFETALERA DE VERACRUZ

Vázquez-Domínguez, L.P.^{1*}; Valdés Velarde, E.¹; Ordaz Chaparro, V. M.²; Pérez Nieto, J.¹; Martínez Pérez, D.³; Merino, A.⁴

¹ Universidad Autónoma Chapingo 1. Texcoco, Estado de México. México.

² Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México. México.

³ Centro Regional Universitario Oriente (CRUO). Universidad Autónoma Chapingo. Huatusco, Veracruz. México.

⁴ Escuela Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela. Lugo, Galicia. España.

*Autor responsable: laura-pvd@hotmail.com; Calle Cerrada Antonio M. Ruíz Núm. 14, Col. Unidad Habitacional ISSSTE, Texcoco, Edo. De México. México. CP 56227; Tel. +52(55)-27845614

Resumen

Los sistemas agroforestales (SAF's) de café tienen un alto potencial en la captura de carbono (C) gracias a la gran diversidad de especies leñosas usadas como sombra. El objetivo del presente estudio fue evaluar el potencial de captura de carbono en la biomasa vegetal aérea, mantillo, y la materia edáfica a diferentes profundidades en los SAF's de café en la región cafetalera de Huatusco, Veracruz, México. Los sistemas agroforestales estudiados fueron: a Pleno Sol (PSC-MZ, PSC-ZI), Especializados (ESP-MZ, ESP-MZ, ESP-CH), y se compararon con un Bosque Mesófilo de Montaña como referencia de un comportamiento no agroforestal se incluyeron un bosque mesófilo de montaña (BMM-CH) y un Potrero (POT-TH). La recolección de muestras se realizó en parcelas de 4x25 m (UM), donde se colectó vegetación de mantillo y herbácea, se midió la arbustiva y la arbórea; el suelo se muestreo a cuatro profundidades (0-10, 10-20, 20-30 y 30-60cm). El SAF con el mayor contenido de C en biomasa aérea, estimado con ecuaciones alométricas, fue el ESP-MZ, con 186.87 Mg ha⁻¹, seguido del ESP-CH con 115.99 Mgha⁻¹, PSC-ZI con 61.98 Mg ha⁻¹, PSC-MZ con 30.54 Mg ha⁻¹, ESP-MZ con 22.98 Mg ha⁻¹, BMM-CH 228.32 Mgha⁻¹ y POT-TH 1.57 Mgha⁻¹. Respecto al C orgánico total el sistema 05.ESP-MZ obtuvo el mayor valor con 290.66 Mg ha⁻¹ y el ESP-CH el menor con 77.79Mg ha⁻¹. Se concluye que de los sistemas evaluados los SAF's almacenan en promedio 142.13 Mg ha⁻¹ mientras que el POT-TH sólo 97.46 Mg ha⁻¹, el BMM-CH cuantificó 336.31 Mg ha⁻¹.

Palabras clave: Bosque mesófilo de montaña; Suelo; sistema a pleno sol; sistema especializado; potrero

Introducción

Ante este creciente y preocupante deterioro ambiental, cada vez es mayor el interés por encontrar esquemas que permitan estimar y asignar valores objetivos a los bienes y servicios que los ecosistemas nos prestan, pues sólo de esta forma las acciones de conservación y restauración de la naturaleza surtirán el efecto deseado (SEMARNAT, 2004). Por lo que al analizar el carbono almacenado en diferentes ecosistemas de la Región Central de Veracruz, el presente estudio plantea ampliar el panorama sobre la captura de carbono en sistemas agroforestales de la región. Intervenciones productivas que tengan como meta la captura de carbono tienen el potencial de contribuir con la generación de ingresos en comunidades rurales y de los productores familiares.

Cuando son realizadas de forma correcta, estas acciones, además de contribuir a la mitigación de los efectos del cambio climático, deben promover el uso sostenible de los recursos naturales y un mayor bienestar de las comunidades rurales. Tales intervenciones ocurren por medio de la utilización

de sistemas de uso de la tierra con mayor producción de biomasa, y que resultan en stocks más elevados de carbono (Rügnitz, 2009).

Para lograr la mitigación del cambio climático es indispensable contar con la información básica sobre el contenido de carbono en diferentes depósitos que puede tener un ecosistema (CONAFOR, 2008). El futuro lo estamos gestando día a día, todos, mediante nuestras acciones y nuestra reivindicación con la naturaleza. Aquí la palabra clave es corresponsabilidad. La educación, la capacitación y la coordinación de acciones y estrategias son, asimismo, la base de un presente que pone en juego el futuro (SEMARNAT, 2004).

Materiales y Métodos

Sitios de muestreo

El área de estudio se localiza en el Estado de Veracruz, donde actualmente existen 10 regiones cafetaleras, de acuerdo con la AVERCAFÉ (2009). Los puntos de estudio se pueden apreciar en la figura 1, la cual nos describe tres municipios de interés.

Selección de los Sistemas agroforestales.

Se buscaron sistemas agroforestales especializados y a pleno sol, debido a que son en menor número que los que predominan en la zona de estudio (Policultivo tradicional) de los cuales ya se posee información la cual podrán ser complementarios a estos sistemas. Además se buscaron referencias sólidas para comparar el grado de mitigación de carbono por parte de los SAF, se buscó un bosque mesófilo de montaña como un referendo máximo y como mínimo el potrero.

Muestreo del suelo y la medición de biomasa

El esquema de las unidades de muestreo (UM) fue de tipo sistemático. Para fines estadísticos se colocaron tres UM en sentido Norte – Sur (UM 2, 3 y 4) y una en sentido Este – Oeste (UM 1) en cada sistema de estudio (Figura 2). Las UM fueron marcos rectangulares de 25 x 4 m (100 m²) (Etchevers et al., 2005).

Para obtener el valor promedio de las UM se tomaron en cuenta los valores de los puntos N y S de cada una de las unidades (UM 2, 3 y 4) y de los puntos E y O de la UM1, y así se obtuvieron muestras representativas de cada una de las UM que se utilizaron para calcular las características de la biomasa vegetal (arbustiva, herbácea y mantillo) y del suelo a cuatro profundidades (0-10, 10-20, 20-30 y 30-60 cm) (Etchevers et al., 2005.; Rügnitz et al., 2008).

Ubicación geográfica de los sitios de muestreo

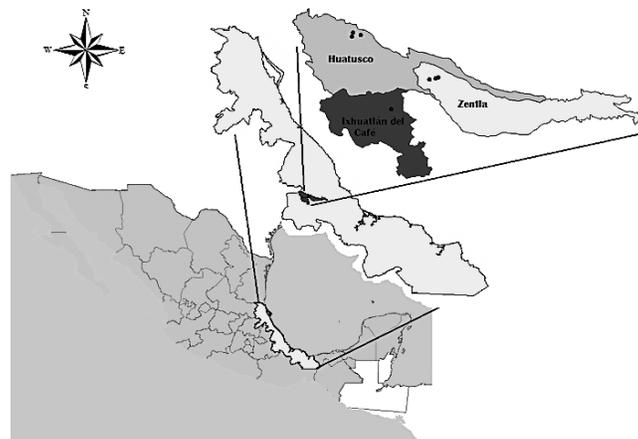


Figura 1. Ubicación geográfica de los sitios de estudio.

ras de suelo (herbáceas) y se levantó el mantillo y los residuos hasta dejar limpia la sección dentro del marco de 0.5 m. Para el cálculo de la biomasa herbácea se utilizó la fórmula (2):

$$BH = ((PSM/PFM) \times PFT) \times 0.01 \quad (2)$$

Biomasa de mantillo (BM)

El muestreo de mantillo se realizó también en forma sistemática con subcuadrantes de 0.5 x 0.5 m (0.25 m²) colocados en el centro del marco para muestreo de biomasa herbácea. Y se usó la misma ecuación alométrica que para herbáceas.

Se midió pH y CE del suelo con un potenciómetro en una relación 2:1, también se determinó la textura, densidad aparente y por ciento (%) de humedad de los suelos. El Contenido de la materia orgánica se obtuvo por medio del método químico Walkey y Black.

Cuadro 1. Modelos alométricos utilizados en la estimación de biomasa arbórea y arbustiva, en sistemas agroforestales de café.

Especie	Ecuación alométrica	Fuente
Café	$Y = 10^{(-1.113 + 1.578 \cdot \text{LOG}_{10}(D) + 0.581 \cdot \text{LOG}_{10}(D))}$	(Segura et al 2006)
Plátano	$Y = 0.030 \cdot (D)^{2.13}$	(Van Noordwijk et al., 2002)
Inga spp.	$Y = 10^{(-0.889 + 2.317 \cdot (\log_{10}(D)))}$	(Segura et al 2006)
Árboles en general	$Y = 10^{(-0.834 + 2.223 \cdot \log_{10}(D))}$	(Segura et al 2006)
Troncos caídos	$Y = \pi \cdot r^2 \times L \times 0.43$	(Hairiah et al., 2001)
Biomasa de raíces	$Y = \text{EXP}(-1.0587 + 0.8836 \cdot \text{LN}(A + a + H))$	
Encino	$= 1.91 \cdot (D)^{(1.782)}$	(Ayala, 1998)
Cedro rojo	$Y = \exp(-1.170 + (2.119 \cdot \ln(D)))$	(Brown, 1996)
Biomasa arbórea de BMM	$Y = \exp(-2.289 + 2.649 \cdot \ln(D) - 0.021 \cdot (\ln(D))^2)$	(BROWN, 1997)
ARBOLES Mg/ha	$Y = \text{SUMA}() \cdot 0.1$	
ARBUSTOS Mg/ha	$Y = \text{SUMA}() \cdot 625 \cdot 10^{(-3)}$	

$Y = \text{Biomasa (Mg ha}^{-1}\text{)}$.

$D = \text{Diámetro a 1.30 m (árboles) y 15 cm (arbustos)}$.

Resultados y Discusión

En relación a los sistemas agroforestales (SAF's) más representativos de la zona cafetalera de Huatusco, se evaluaron dos a pleno sol: PSC-MZ y PSC-ZI; tres especializados: ESP-MZ, ESP-MZ y ESP-CH; y como referencia de un comportamiento no agroforestal un potrero (POT-TH) y el Bosque Mesófilo de Montaña (BMM.CH).

En el BMM-CH se encontró la mayor concentración total de C, con 336.31 Mg ha⁻¹, por el contrario como en el potrero no habían especies arbóreas ni arbustivas, su cantidad de C aéreo es mínima. En relación al contenido de C en los SAF's, se encontró, en orden descendente: ESP-MZ, con 186.87 Mg ha⁻¹, ESP-CH con 115.99 Mg ha⁻¹, PSC-ZI con 61.98 Mg ha⁻¹, PSC-MZ con 30.54 Mg ha⁻¹ y ESP-MZ con 22.98 Mg ha⁻¹ (Cuadro 2).

Como se aprecia en el cuadro 2 existen variaciones muy contrastantes en el carbono arbóreo de los SAF's. Esto se debe en cierta forma al manejo agronómico de cada cafetal, así como a la densidad de plantación y edad de los árboles y arbustos, pero sobre todo a la compleja heterogeneidad de especies presentes. Cabe mencionar que el potrero está sometido a un proceso semi-estabulado con ganado bovino, en cual se permite el crecimiento de los pastos y pocos árboles.

Por el contrario, se muestra el comportamiento natural en el bosque mesófilo, lo que nos explica su alta concentración de carbono aéreo. Existen otros factores primarios que van a influir directa o indirectamente sobre el comportamiento de las especies arbóreas y arbustivas, estos pueden ser climáticos, edáficos o fisiológicos.

Cuadro 2. Cantidad de carbono almacenado en el estrato aéreo (árboles, arbustos, herbáceas mantillo, troncos caídos y raíces), en cada sistema estudiado.

Carbono en las variables de Biomasa aérea (Mg ha ⁻¹)							
	01POT-MF	02BMM-CH	03PSC-MZ	04PSC-ZI	05ESP-MZ	06ESP-MZ	07ESP-CH
CA	0.00 ^b	385.58 ^a	26.83 ^a	95.56 ^a	302.54 ^a	22.28 ^a	188.06 ^a
Carb	0.00 ^c	1.46 ^{bc}	8.88 ^{ab}	4.90 ^{abc}	8.28 ^{abc}	11.97 ^a	4.60 ^{abc}
CH	2.06 ^{cd}	0.00 ^b	0.18 ^b	0.17 ^{bc}	0.06 ^a	0.05 ^{bcd}	4.27 ^d
CM	0.42 ^a	5.04 ^a	5.03 ^a	3.32 ^a	8.64 ^a	2.95 ^a	0.05 ^a
CR	0.66 ^b	64.55 ^b	8.16 ^a	20.02 ^b	54.23 ^b	7.80 ^b	34.90 ^b
CTc	0.00 ^b	0.00 ^c	12.01 ^c	0.00 ^c	0.00 ^c	0.91 ^c	0.00 ^a

Prueba de T *Letras iguales indican diferencias no significativas (p<0.05).

CA= Carbono arbóreo, Carb= Carbono arbustivo, CH= Carbono herbáceo, CM= carbono Mantillo, CR= Carbono raíces y CTc= Carbono troncos caídos.

Cuadro 3. Contenido promedio de carbono orgánico en el suelo a diferentes profundidades de estudio.

C Orgánico del suelo							
Profundidad (cm)	01POT-TH	02BMM-CH	03PSC-MZ	04PSC-ZI	05ESP-MZ	06ESP-MZ	07ESP-CH
Almacenes C (Mg ha ⁻¹)							
0 -10	20.84±4.92 ^a	33.16±9.33 ^{ab}	18.14±7.07 ^a	23.95±6.33 ^{ab}	25.59±5.99 ^a	12.67±3.98 ^{ab}	13.55±3.64 ^{ab}
10-20	25.12±9.49 ^a	17.21±4.08 ^a	23.77±10.63 ^a	16.71±5.31 ^a	23.65±7.42 ^a	12.01±3.02 ^a	16.98±4.68 ^a
20-30	24.10±6.00 ^{ab}	26.76±2.51 ^a	22.05±6.57 ^{ab}	15.46±3.98 ^{ab}	26.47±5.65 ^{ab}	11.05±1.38 ^{ab}	10.24±5.26 ^b
30-60	25.82±9.10 ^a	30.84±4.82 ^a	7.46 ^a	25.56±8.41 ^a	28.06±8.81 ^a	26.3±4.33 ^a	21.07±4.59 ^a
0-60	95.89±29.4	107.98±19.17	85.56±22.73	81.69±22.73	103.78±27.73	62.04±10.18	61.84±12.88

Prueba de T*

*Letras iguales indican diferencias no significativas (p<0.05).

En la figura 4 se observa el comportamiento del Carbono Orgánico Total (Carbono aéreo más carbono edáfico) de los sistemas estudiados.

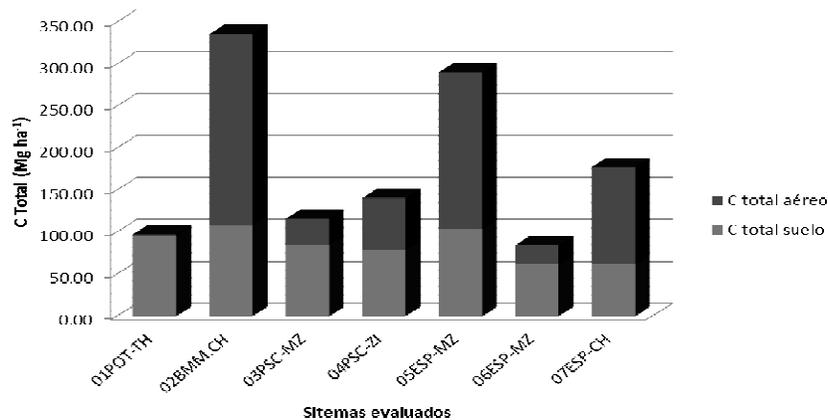


Figura 4. Contenido del Carbono Orgánico Total (Mg ha⁻¹) en los diferentes sistemas estudiados.

Conclusiones

Los sistemas agroforestales con basé en el cultivo del café capturan en promedio 142 Mg C ha⁻¹, al ser sistemas con un manejo más conservacionista y con el uso de especies perennes donde prácticamente no se desperdicia nada, ya que hasta los residuos de los árboles son incorporados al suelo, lo que garantiza carbono almacenado.

Al relacionar la biomasa aérea de los sistemas agroforestales de café, se determinó que estos pueden almacenar desde 23, 31, 62, 116 y 187 Mg C ha⁻¹, respectivamente de 06 ESP-MZ, PSC-MZ, PSC-ZI, ESP-CH y ESP-MZ; comparándolos con los más jóvenes o de acuerdo a la especie con la que estén asociados como por ejemplo el cedro quién tiene un rápido crecimiento en comparación al de otras especies que se encuentran asociadas al café en estos sistemas.

En el BMM-CH su biomasa aérea es de 228.32 07 Mg C ha⁻¹, lo que demuestra que acumuló más del triple que el especializado con cedro rojo (ESP-MZ), lo cual es un comportamiento natural ya que el bosque no es perturbado, ni a clareado y mantiene la mayor cantidad de carbono almacenado en su estrato arbóreo. Respecto al potrero se concluye que su biomasa aérea es de 1.57 Mg C ha⁻¹, debido a que no cuenta con un estrato arbóreo ni arbustivo, únicamente herbáceo.

Respecto al C orgánico total es sistema 05.ESP-MZ obtuvo el mayor valor con 290.66 Mg ha⁻¹ y el ESP-CH el menor con 77.79Mg ha⁻¹. Se concluye que de los sistemas evaluados los SAF's almacenan en promedio 142.13 Mg ha⁻¹ como referencia de un comportamiento no agroforestal el POT-TH capturó 97.46 Mg ha⁻¹ y el BMM-CH cuantificó 336.31 Mg ha⁻¹. Por lo que se concluye que el potrero presenta menor contenido de carbono total que los sistemas agroforestales de café y estos a su vez contienen menos carbono que el bosque mesófilo de montaña.

Los resultados obtenidos arrojan que se permite inferir en el alto potencial de captura de carbono que tienen los Sistemas agroforestales de café en la Región de Huatusco. Es por ello que resulta fundamental proporcionarles a los cafeticultores, los conocimientos básicos que les permitan aprovechar los recursos disponibles en sus sistemas agroforestales, que se creó la cultura para gestionar pago por servicios ambientales. A raíz de la crisis cafetalera es necesario proporcionarles nuevas herramientas y métodos que contribuyan económicamente y ambientalmente a su bienestar y el de los demás.

Agradecimientos

"Los autores agradecen a la Línea Prioritaria de Investigación No. 1 (LPI-1): Manejo Sustentable de Recursos Naturales, del Colegio de Postgraduados, y a la Dirección General de Investigación y Postgrado (DGIP) de la Universidad Autónoma Chapingo, por el financiamiento otorgado para la realización de la presente investigación".

Bibliografía

- SEMARNAT. 2004. Saber para proteger, Introducción a los servicios ambientales. SEMARNAT. México, D.F. 71 p.
- Espinoza, D., W. 2009. Secuestro de carbono en sistemas agroforestales en la región cafetalera de Chocamán-Totutla-Huatusco, Veracruz. Tesis de maestría en ciencias en agroforestería para el desarrollo sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de México. 64 p.
- Etchevers, J. D., C. M. Monreal, C. Hidalgo, M. Acosta, J. Padilla y R. M. López. 2005. Manual para la determinación de carbono en la parte aérea y subterránea de sistemas de producción en laderas. Colegio de Postgraduados. México. 29 p.
- Musuhara, A. 2012. Evaluación del contenido de carbono en sistemas agroforestales de café en Huatusco, Veracruz. Tesis maestría en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 146 p.
- Rügnitz, M. T.; Chacón, M. L.; Porro R. Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales -- 1. ed. -- Lima, Perú.: Centro Mundial Agroforestal (ICRAF) / Consorcio Iniciativa Amazónica (IA). 2009. 79 p.
- CONAFOR. 2008. Catálogo de contenido de carbono en especies forestales de tipo arbóreo del noreste de México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Zapopan, Jalisco. pp. 1-3

ESTIMACIÓN DE CO₂ EMITIDO POR MANTILLO Y CAPAS DE FERMENTACIÓN DE BOSQUES MEDIDO *IN VITRO* CON RESPIRÓMETRO

Barrales Brito, E.^{1*}; Etchevers Barra J.D²; Hidalgo Moreno, C.²; Paz Pellat, F.²

¹Estudiante de Maestría en Ciencias, Programa de Edafología, Colegio de Postgraduados Km 36.5 Carretera México- Texcoco, Montecillo, CP 56230, México.

²Colegio de Postgraduados, Laboratorio de Fertilidad, IRENAT Km 36.5 Carretera México- Texcoco, Montecillo, CP 56230, México.

*Autor responsable: edbarrales3@gmail.com

Resumen

La medición de las emisiones de CO₂ por la descomposición de mantillo y capas de fermentación (CF) es un tema poco estudiado y su estimación tiene una gran incertidumbre asociada. Esta información es importante para mejorar la comprensión del ciclo terrestre del C y para los inventarios de gases de efecto invernadero (GEI). Se estima que los suelos emiten 60 Pg C año⁻¹ (Schlesinger, 1997). En México, según el Quinto Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, las emisiones de CO₂ por cambio de uso del suelo son de 6.3% del total (INE-SEMARNAT, 2012). En el presente trabajo se cuantificaron *in vitro* las emisiones de CO₂ de mantillo y capas de fermentación (CF) de bosques con diferente composición botánica *Quercus spp*, *Pinus moctezumae* y *Fagus grandifolia*. Se determinó los contenidos de C, N, P y lignina para obtener los valores de las relaciones C/N, C/P y lignina/N de cada una de las muestras. Las incubaciones se hicieron en un respirómetro manométrico OxiTop OC110®, a 25°C y 60% de humedad, durante 10 días. Los resultados muestran que el mantillo emite mayores cantidades de CO₂ que las CF. Las emisiones en el mantillo fueron mayores en el bosque de *Quercus spp* con 19 000 mg CO₂ kg⁻¹ de mantillo y menores en el bosque de *Fagus grandifolia* 15 400 mg de CO₂ por Kg⁻¹ de mantillo. En las CF la menor emisión fue en el bosque de *Fagus grandifolia* con 3 000 mg CO₂ kg⁻¹ de CF. El estado de descomposición influyó las emisiones de las capas de fermentación, mientras que en el mantillo influyó más las propiedades químicas (la relación C/N, contenidos de lignina), debido a que no tenían un proceso de descomposición previo.

Palabras claves: Flujos de CO₂; biogeoquímica; mineralización

Introducción

Existe gran incertidumbre en las estimaciones de la contribución que realiza la descomposición del mantillo del bosque a la producción del CO₂ que se emite al ambiente. La superficie boscosa de México es de 140 millones de hectáreas (CONAFOR, 2012) y la contribución de este componente del sistema debe ser evaluado para acercarse a las demandas *tier 3* la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNCCC, s/f) y el Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC, 2007). Los suelos forestales contienen altas cantidades de carbono (C) por los restos de hojarasca, ramas y raíces de la vegetación que el bosque deposita en la superficie del suelo. A ésta capa generalmente se le denomina en términos generales mantillo (Fisher and Binkley, 2000). Los residuos orgánicos (mantillo) comienzan un proceso de descomposición y conforman una capa de fermentación, donde las condiciones de humedad y temperaturas son óptimas para la actividad microbiana. La descomposición consume oxígeno, carbono, nitrógeno y otros elementos, produciendo agua y CO₂; este último que es emitido hacia la atmósfera (Frey *et al.*, 2006). El ciclo global del C está compuesto por reservorios y flujos; actualmente existe mucha información a nivel país de la

medición y del contenido de este elemento en los reservorios (Cruz-Flores, 2011; Etchevers 2006, 2009), mientras que la cuantificación de la dinámica del C entre los reservorios es muy escasa (Barrera *et al.*, 2004; Gower ,2003; Ono *et al.*, 2009;), debido a que la medición en campo y en laboratorio es difícil, por los factores involucrados que determinan las tasas de descomposición. Entre los factores más importantes para la mediciones clásica (bolsas de malla) están las condiciones ambientales (temperatura y precipitación), la composición vegetativa del bosque, y las características químicas, físicas y biológicas del suelo (Krivtsov *et al.*, 2007). En las mediciones con torres de *eddie covariance*, son los factores climáticos (velocidad del viento, humedad relativa, etc.) los que más influyen. El manejo del bosque también es un factor que interviene en las emisiones de CO₂ por los procesos de descomposición, ya que se altera la dinámica del bosque acelerando ó disminuyendo la velocidad de la descomposición (Welke and Hope, 2005; Spielvogel *et al.*, 2006; Dai *et al.*, 2001).

Materiales y Métodos

Se utilizaron muestras de mantillo y capas de fermentación (CF) colectadas de tres diferentes tipos de bosques: Bosque de *Quercus*, localizado en Tequexquinahuac, Edo. de México, Bosque de *Pinus moctezumae* en Nanacamilpa Tlaxcala y Bosque de *Fagus grandifolia*, en la Mojonera en Zacualtipán Hidalgo. En la superficie del suelo de los sitios correspondientes a estos bosques se pudieron identificar las capas orgánicas de mantillo u Oi con escaso grado de descomposición; y CF medianamente descompuesta, (Oe), y CF más humificada, (Oa). Las muestras se colectaron en un área de 0.25 m², posteriormente se secaron, molieron y tamizaron a 2 mm. Se determinó su densidad aparente una vez molidas, con el método de la probeta (Delgadillo y Quechulpa, 2006); se analizaron sus contenidos de C (Toc Shimadzu), P (Colorimetria), N (Keldjahl) y lignina (método de Van Soest, 1963). Se calcularon las relaciones C/N, C/P y lignina/N. Las incubaciones se realizaron con un respirómetro manométrico (OxiTop OC110[®]), controlando las condiciones de temperatura (25 °C) en una incubadora. La humedad de las muestras se mantuvo en 60% la cantidad de muestra (10g). El tiempo de incubación fue de 10 días, valores que se decidieron luego de realizar pruebas preliminares no reportadas en el presente documento. Los cálculos de CO₂ se realizaron por medio de ecuaciones estequiométricas a partir de los valores del consumo de oxígeno reportados por el respirómetro y estequiométricamente de calcularon los valores de CO₂ (mg por kg⁻¹) de muestra con base en la cantidad utilizada para la incubación (10g).

Resultados y Discusión

Los contenidos de carbono (C) de las muestras de mantillo y CF se presentan en la Cuadro 1. Los mayores contenidos de C se encontraron en el mantillo y estos disminuyeron en las capas de fermentación. El nitrógeno (N) presentó las menores concentraciones en las capas más degradadas. La relación C/N es un indicador que determina la facilidad con que los residuos orgánicos pueden descomponerse (Alhamd *et al.*, 2004), esta relación disminuyó en las CF al igual que la relación C/P lo que indica que en las CF una cantidad de C se ha perdido en forma de CO₂ producto de la descomposición de la materia orgánica (Schlesinger 1997). La relación lignina/N se incrementó en las CF al degradarse la materia orgánica. El comportamiento fue similar entre los tres tipos de bosques.

Cuadro 1. Características químicas del mantillo y capas de fermentación de los 3 diferentes tipos de bosques.

	Capa	C (g Kg ⁻¹)	N (g Kg ⁻¹)	P (g Kg ⁻¹)	C/N	C/P	lignina/N
Fagus	Oi**	497	12	0.5	42	1013	0.1
	Oe	471	17	0.6	28	842	0.2
	Oa	448	20	0.5	23	933	0.3
Quercus	Oi	448	5	0.6	52	802	1.0
	Oa	104	8	0.6	20	177	3.0
Moctezumae	Oi	488	8	0.5	57	881	0.6
	Oa	352	10	0.6	32	590	1.5

Las emisiones del mantillo y CF se muestran en la Figura 1. La tendencia de las emisiones acumuladas de CO₂ fue mayor conforme aumentó el tiempo de incubación, pero las tasas disminuyeron conforme aumentaron los días de incubación. La mayor emisión se presentó en el mantillo de *Quercus* y la más baja en el bosque de *Fagus grandifolia*. Las CF mostraron un comportamiento similar para la capa Oe de *Fagus grandifolia* y la capa Oa de *P. moctezumae* y para Oa de *Quercus* y *Fagus grandifolia*, posiblemente debido a que tuvieron el mismo estado de descomposición y a similitudes en sus características químicas de las muestras.

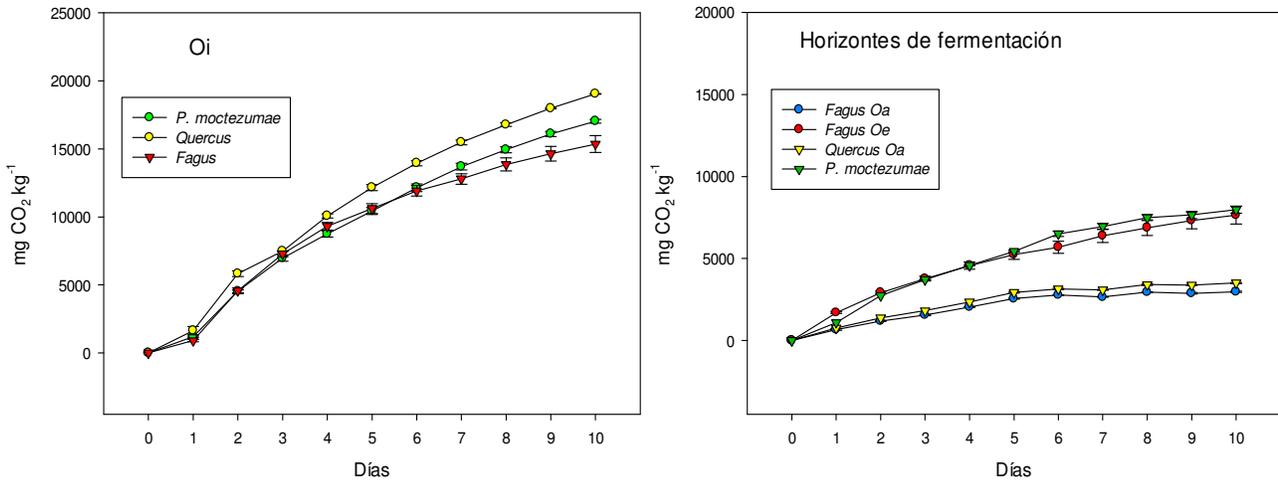


Figura 1. Emisión de CO₂ de mantillo y capas de fermentación en 10 días de incubación en los tres diferentes tipos de bosques.

La cantidad total de CO₂ emitida por las muestras de mantillo y CF y el porcentaje de C que se perdió durante la incubación se muestra en el Cuadro 2. El mantillo presentó mayores emisiones de CO₂ que las capas de fermentación. La emisión de CO₂ no fue la misma en los tres diferentes tipos bosques. El porcentaje de C fue mayor en el mantillo de *Quercus* y menor en las capas más degradadas. En el bosque de *Fagus grandifolia*, el menor porcentaje de C emitido fue en la CF Oa, debido a que era la muestra que presentaba el mayor estado de descomposición en relación a los demás tipos de bosques y consecuentemente la emisión de CO₂ de ésta durante la incubación fue la más baja (Figura 1).

Cuadro 2. Porcentaje de C emitido en muestras de mantillo y CF de tres bosques con diferente composición botánica.

Rodal /Tipo de Bosque	Muestra	Carbono (g Kg ⁻¹)	CO ₂ emitido (g Kg ⁻¹)	C emitido (%)	*EE
Quercus	Oi**	448.10	19.00	4.25	0.0
	Oa	104.40	3.50	3.36	0.0
P. moctezumae	Oi	487.90	17.00	3.49	0.0
	Oa	352.10	8.00	2.26	0.1
Fagus	Oi	496.60	15.40	3.09	0.1
	Oe	470.90	7.60	1.62	0.1
	Oa	448.50	3.00	0.66	0.0

La tasa de respiración se estimó a partir de la emisión total de CO₂ en los 10 días de incubación y se corroboraron con las líneas de tendencia de los datos con los modelos lineales y los valores de la R² para evaluar la cantidad de CO₂ que se liberó por día (Cuadro 3). La mayor tasa de liberación se presentó en el bosque de *Quercus* debido a las características en la hojarasca de este tipo de bosque, que se descompone con una mayor rapidez que las pináceas (Klemmedson 1992). La tasa más alta de todas las CF ocurrió en las muestras del bosque de *P. moctezumae*. Debido a que esta muestra tiene una descomposición menor. En el caso de *Quercus* y *Fagus grandifolia*, las CF Oa están más descompuestas y la emisión de CO₂ es menor por la estabilización de la materia orgánica.

Cuadro 3. Tasas de emisión de CO₂ en mantillo y CF de bosques con diferente composición botánica.

Capa	Quercus		P. moctezumae		Fagus	
	media	DE*	Media	DE	media	DE
Oi	1903	±2	1703	±8	1535	±62
Oe					764	±55
Oa	350	±2	797	±21	296	±4

*DE= desviación estándar

Conclusiones

Los contenidos de C son mayores en el mantillo debido a que son muestras con mayor proporción de componentes con escaso grado de descomposición y este C tiende a perderse en forma de CO₂ de manera más rápida y en mayor cantidad que las CF debido a la estabilización de la materia orgánica por el avance gradual de la descomposición, situación que se ve reflejada por una menor C/N y también una disminución de la tasa de emisión de CO₂.

La menor disponibilidad de la fuente energética (C) determina una actividad microbiana más lenta y la cantidad de C que se pierde en forma de CO₂ es menor.

Las tasas de liberación de CO₂ está determinada por las propiedades de las muestras de mantillo y las CF, por los contenidos de C, N y la relación C/N.

Las características químicas del mantillo influyen en la emisión de CO₂. El tipo de hojarasca, el tipo de bosque y la condición ambiental (humedad y temperatura) determinaran la velocidad de descomposición.

Agradecimientos

Al Colegio de Postgraduados y al Laboratorio de Fertilidad de Suelos y Química Ambiental por todo el apoyo aportado.

Bibliografía

- Balbontín, C., C. Cruz, F. Paz., J.D. Etchevers. 2009. Soil Carbon Sequestration in Different Ecoregions of Mexico. In: Soil Carbon Sequestration and the Greenhouse Effect. 2nd ed. In: R. Lal and R.F. Follett (ed.) SSSA Spec. Publ. 57. SSSA, Madison, WI
- Dai, K'O H, Chris E. Jonhson & Charles T. DriscollRISCOLL. 2001. Organic matter chemistry and dynamics in clear-cut and unmanaged hardwood forest ecosystems. *Biogeochemistry* 54:51-83.
- Etchevers B., J. D., O. Maser, C. Balbontín, D. Gómez, A. Monterroso, R. Martínez, M. Acosta, M. Martínez and C. Ortiz. 2006. Soil carbon sequestration in Mexico and central America (Biome A). pp. 119-146. *In: Lal, R., C. C. Cerri, M. Bernoux, J. Etchevers and E. Cerri. (Eds.). Carbon sequestration in soils of Latin America. Howarth Press, Inc. New York, USA. pp. 554.*
- Fisher R. F., Binkley D. 2000. *Ecology and management of forest soils*. 3rd. Ed. John Wiley & sons Inc. Pp. 139-160.
- Gower, Stith T.. 2003. Patterns and mechanisms of the Forest carbon cycle. *Annual Review Environment Resources*.28: 169-2004.
- INE-SEMARNAT. 2009. México cuarta comunicación nacional ante la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático. INE-SEMARNAT. México. 174 p.
- CONAFOR. 2012. Inventario nacional forestal y de suelos (INFyS) informe de resultados 2004-2009. SEMARNAT-CONAFOR. México. 173 p.
- IPCC 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio, IPCC. Ginebra, Suiza. 104 p.
- Krivtsov, V., A. Brendler, R. Watling, K. Liddell, H.J. Staines. 2007. Some aspects of forest soils and litter ecology in the Dawyck Cryptogamic Sanctuary with a particular reference to fungi. *Acta ecologica Sinica* 27(3):813-836.
- Laode Alhamd, Syoko Arakaki, Akio Hagihara. 2004. Decomposition of leaf litter of four tree species in a subtropical evergreen broad-leaved forest, Okinawa Island, Japan. *Forest Ecology and Management* 2002:1-11.
- Ono, Kenji, Keizo Hirai, Sayaka Morita, Kenji Ohse Syuntaro Hiradate. 2009. Organic carbón accumulation processes on a forest floor during an early humification stage in a temperate deciduous forest in japan: evaluations of chemical compositional changes by ¹³C NMR and their decomposition rates from litter bag experiment. *Geoderma* 151: 351-356.
- Prevost Boure, Nicolas Chemidlin, Kamel Soudani, Claire Damesin, Daniel Berveiller, Jean Christophe Lata, Eric Dufrene. 2010. Increase in aboveground fresh litter quantity over stimulates soil respiration in a temperate deciduous forest. *Applied Soil Ecology* 46: 26-34.
- Sandra Spielvogel, Jorg Prietzel, Ingrid Kogel-Knabner. 2006. Changes of lignin phenols and neutral sugars in different soil types of a high elevation forest ecosystem 25 years after forest dieback. *Soil Biology / Biochemistry* 39: 655-668.
- Schlesinger H.W. 1997. *Biogeochemistry an analisis of global change*. Second edition, Ed. Academic Press, San Diego California USA p 588.
- Schlesinger H.W. 1997. *Biogeochemistry an analisis of global change*. 2nd Ed. Academic Press. NY USA.
- UNFCCC. United Nations Framework for Climate Change Convention.s/f. (Consultado en <https://www.google.com.mx/search?q=unfccc&ie=utf-8&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla:es-MX:official&client=firefox-a> el 25 de septiembre de 2012)
- Welke, Sylvia E. and Graeme D. Hope. 2005. Influence of stand composition and age on forest floor processes and chemistry in pure and mixed stands of Douglas-Fir and paper birch in interior British Columbia. *Forest Ecology and management* 219: 29-42.
- Klemmedson O.J. 1992. Decomposition and nutrient release from mixture of Gambel oak and ponderosa pine leaf litter. *Forest Ecology and Management*. 47:349-361.
- Fisher R. F., Binkley D. 2000. *Ecology and management of forest soils*. Third edition. Ed. John Wiley & sons. INC. Pp. 139-160.
- Barrera D.M., Frangi L.J., Ferrando J.J. and Goya F.J. 2004. Descomposición del mantillo y liberación foliar neta de nutrientes de *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Serm. Et Bizzari en El Bolson, Rio Negro. *Ecología Austral* 14: 99-112.
- Beat Frey, Frank Hagedorn, Fulvio Giudici. 2006. Effect of girdling on soil respiration and root composition in a sweet chestnut forest. *Forest Ecology and Management* 225: 271-277.
- Delgadillo R.M., Quechulpa M.S. 2006. Manual de monitoreo de carbono en sistemas agroforestales. CONAFOR. 35 p.
- Cruz-Flores G. y Etchevers-Barra J.D. 2011. Contenidos de carbono de suelos someros en pinares y abetales de áreas protegidas de México. *Agrociencia* 45:849-862.

CAMBIOS EN LAS RESERVAS DE CARBONO ORGÁNICO EN SUELO DE LA CUENCA DEL RÍO MOLOLOA, NAYARIT

Castillo Pacheco, L.^{1*}; Bojórquez Serrano, J.²; Hernández Jiménez, A.³

¹Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, Nayarit. México. Estudiante de la Maestría en Ciencias Biol Agropec

² Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, Nayarit. México.

³Instituto nacional de ciencias agrícolas, Cuba ⁴

*Autor responsable: raicesdemapola@gmail.com ; Calle Andador luz Núm. #99, Col. infonavit los sauces, Tepic, Nayarit, México. CP 63195; Tel. +52 01 311 124941.

Resumen

El objetivo de este trabajo es estimar los cambios que han sufrido las reservas de carbono en suelos de la subcuenca del río Mololoa, Nayarit; que forma parte de la cuenca del río Santiago-Aguamilpa y en la cual habita más de un tercio de la población del estado. Se trabajó con una base de datos de 26 perfiles de suelo distribuidos a lo largo de la subcuenca realizados entre los años de 1983 a 2003, estos mismos perfiles se muestrearon nuevamente entre marzo de 2012 y agosto de 2013, de esta forma se realizará una comparación pertinente entre ambos periodos de tiempo, tomando en cuenta para el análisis el tipo de cobertura vegetal y el paisaje geomorfológico de cada tipo de suelo.

Palabras clave: Cambios; reservas de carbono en suelos; Rio Mololoa

Introducción

Actualmente, y desde años anteriores, los estudios relacionados con las reservas de carbono orgánico en suelos han tomado especial importancia, sobre todo por la capacidad para evaluar los cambios en las concentraciones de Carbono atmosférico, el cual es considerado el más común y abundante Gas de efecto invernadero (Johnson *et al*, 2001), además el secuestro de carbono tiene el potencial para compensar las emisiones de combustibles fósiles por 0,4 a 1,2 giga toneladas de carbono por año (Cheng, *et al*, 2011).

De manera general el contenido de materia orgánica del suelo se relaciona íntimamente con las condiciones climáticas y ambientales de cada zona, (Romanya, Rovira, & Vallejo, 2007) así como con relacionadas con la cobertura y composición química de la vegetación presente en cada condición topográfica (Avila Henández *et al*, 2009) esto se ve reflejado directamente con el contenido de materiales finos presentes en los suelos pues las arcilla y materiales finos del suelo (limo + arcilla) proporcionan protección a la materia orgánica presente en ellos (Romanya *et al*, 2007).

La distribución de Carbono orgánico a diferentes profundidades del suelo se comporta parecido a una curva en forma de J- invertida, donde los mas altos reservorios de carbono se encuentra en los primeros 15 cm de suelo. (Avila Henández, *et al* 2009)

El suelo es un componente dinámico dentro de los ecosistemas, esto significa que su a composición, uso, cobertura y profundidad están en constante cambio, así mismo funciona como bloque de memoria dentro de los ambientes, por lo cual estudiarlo desde diferentes puntos temporales es pertinente y acertado.

En este trabajo se estiman los cambios en las reservas de C en suelos de la cuenca del río Mololoa aproximadamente entre el tiempo 1 (1983- 2006) y tiempo 2 (2013).

Materiales y Métodos

Área de estudio

El área de interés, la subcuenca del río Mololoa (Figura 1), se localiza en la parte central del estado de Nayarit, con una superficie de 618 Km², albergando a casi un tercio de la población del estado. Forma parte del sistema hidrológico Lerma- Santiago, cuya área de escurrimiento está delimitada por elevaciones de origen volcánico aisladas, principalmente los volcanes de San Juan (2220 m.s.n.m.), Coatepec, Tepetitlic y Sangangüey (2180 m.s.n.m.) y hacia la parte baja los márgenes del río presentan una altura entre 920 y 900 m.s.n.m (Nájera *et al*, 2010) La formación de suelos entre las dos vertientes del río son diferentes, tanto por el material de origen (de carácter ácido en la parte del San Juan y básico y ultra básico en la parte del Sangangüey) como por su edad (terciario en el Sangangüey y cuaternario en el San Juan) (Vivanco *et al*, 2010). La subcuenca del río Mololoa se divide en 6 diferentes paisajes geomorfológicos (fig. 2) y 13 grupos diferentes de cobertura vegetal y uso del suelo (fig. 3).

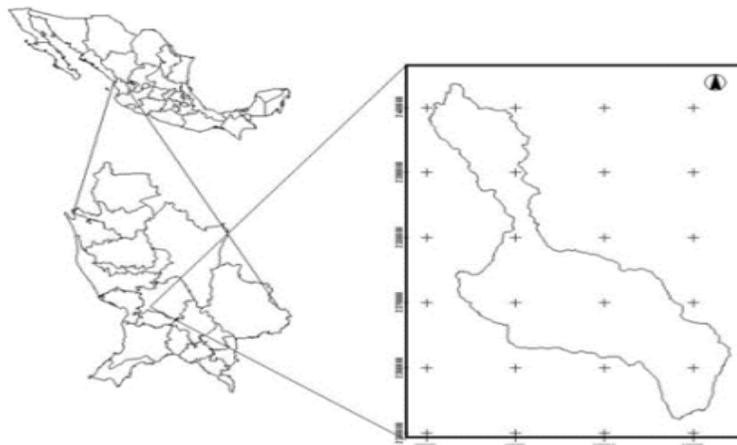


Figura 1. Ubicación y límites de la subcuenca del río Mololoa, Nayarit.

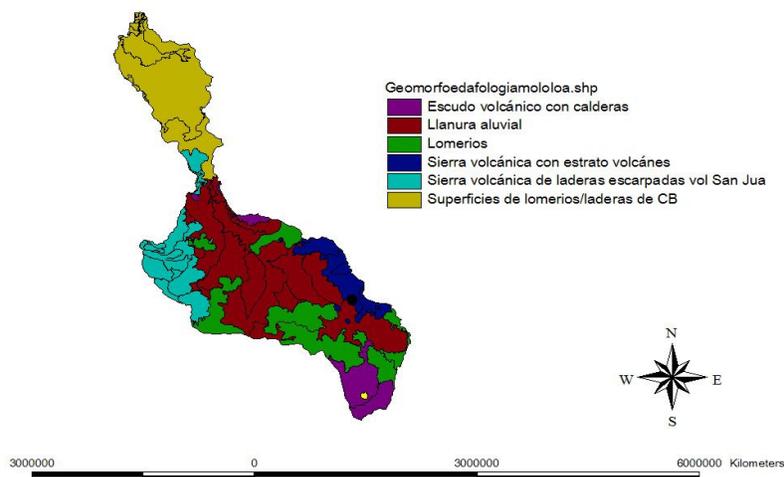


Figura 2. Paisajes geomorfológicos en los que se divide la subcuenca del río Mololoa.

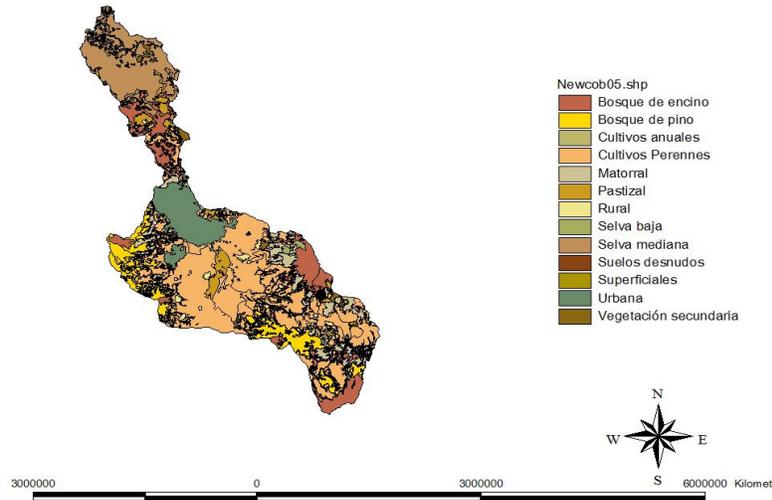


Figura 3. Grupos de cobertura vegetal y uso de suelo en la subcuenca del río Mololoa.

Selección de sitios

Para el desarrollo de este trabajo se partió de una base de datos de 34 perfiles edáficos en la cuenca del río Mololoa, 16 pertenecen datos publicados por INEGI en 2003, siete son de estudios realizados por la UAN en 2006 y los restantes 11 pertenecen a igualmente trabajos de la UAN entre los años 1983 a 1996 realizados en las cercanías del volcán San Juan. Cada uno de estos perfiles fue muestreado nuevamente entre marzo de 2012 a agosto de 2013, descritos y caracterizados según la NOM- 021- RECNAT- 2000, Por los métodos analíticos siguientes:

- pH en agua por el método potencio métrico con la relación suelo: agua 1:2
- Materia orgánica por el método Walkley&Black
- Cationes cambiables y capacidad de intercambio catiónico por el método de extracción con acetato de amonio a pH 7
- Composición mecánica por el método de Bouyoucos, utilizando exametafosfato de sodio como dispersante

Para el cálculo de COS se utilizó la ecuación 1 propuesta por Gonzales *et al.* (González *et al*, 2008)

$$\text{COS} = \text{CO} (\text{Da}) \text{ m} \quad (1)$$

Donde

COS = Carbono orgánico total en el suelo por superficie (Mg ha^{-1})

CO = Carbono orgánico total (%)

Da = Densidad aparente (Mg m^{-3})

M = Profundidad del suelo (cm)

El porcentaje de carbono orgánico en suelo se determinó también acorde a la norma oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 apartado AS-07.

Análisis de datos

Para el análisis de resultados, se agruparon aquellos perfiles que compartían un mismo paisaje geomorfológico y de igual forma aquellos que coincidían en cobertura vegetal y uso de suelo, cada grupo se analizó en el tiempo 1 (1983-2006) y tiempo 2 (2012-2013) para después por diferencia señalar las diferencias entre ambos.

Resultados y Discusión

Hasta el momento se ha terminado el levantamiento de los 34 perfiles de suelo, y se han analizado 9 en laboratorio (cuadro 1). Los perfiles analizados correspondientes a la sierra de San Juan se distinguen por depósitos de Pomex y pumicitas, los horizontes se mantienen en su totalidad en ambos puntos temporales, sin embargo se diferencian con un aumento casi de 6.5% de Arenas en los análisis de composición, disminuyendo la cantidad de limos y arcillas, por lo que se puede inferir una disminución en el % de materia orgánica. En los puntos de INEGI (INEGI 44 Y 21) el cambio es más severo, tomando en cuenta que el tiempo entre las comparaciones es menor en este caso (2003 a 2012) es aún más alarmantes, el porcentaje de arenas casi se duplica, INEGI 21 registraba 28% de arenas en 2003 mientras que actualmente alcanza poco más del 80%, lo cual probablemente se deba al cultivo intensivo al que este suelo está expuesto.

En los perfiles identificados como UAN (6, 7, 16 Y 17) ubicados en la llanura aluvial y caracterizados por un cultivo de caña de riego el cambio más destacable es la acidificación, la mayoría excepto UAN 16 presentan una acidificación considerable de casi 1.2 en la escala de pH.

Cuadro 1. Características de los perfiles de suelo analizados

ID	Paisaje geomorfológico	Cobertura vegetal	Tiempo (1)	Tiempo (2)
San juan 6	Sierra volcánica del San Juan	Cultivo perenne (caña)	9/03/1996	05/2012
San juan 7	Sierra volcánica del San Juan	Cultivo perenne (Aguacate/encino)	12/03/1996	05/2012
San juan 16	Sierra volcánica del San Juan	Bosque de pino	03/1996	23/05/2012
UAN 6	Escudo volcánico con laderas	Matorral	24/10/2006	16/11/2012
UAN 7	Llanura Aluvial	Cultivo perenne (caña)	24/10/2006	16/11/2012
UAN 16	Llanura Aluvial	Urbano	2006	24/11/2012
UAN 17	Llanura Aluvial	Cultivo perenne (caña)	2006	24/11/2012
INEGI 21	Llanura aluvial	Cultivo perenne	2003	16/11/2012
INEGI 44	Lomeríos	Matorral	2003	16/11/2012

Conclusiones

Los pocos análisis en laboratorio sugieren que ha habido un deterioro en las reservas de carbono de la cuenca, el contenido de materiales finos ha disminuido en los suelos analizados y en varios de ellos es evidente un proceso de acidificación. Cuando se hayan completado el estudio y se comparen también los suelos conservados, aquellos pertenecientes a bosque de pino y encino en las regiones de la sierra las conclusiones podrán ser pertinentes.

Bibliografía

- Avila Henández , V., Velázquez Martínez , A., Angeles Pérez , G., Etchevers Barra , J., De los santos Posadas , H., & Llanderal , T. (2009). Variación en almacenes de carbono en suelos de una toposecuencia. *Agrociencias*(43), 457- 464.
- Battle- Bayer , L., Batjes, N., & Brindaban , P. S. (2010). Changes in organic carbon stock upon land use conversion in the Brazilian Cerrado: A review. *Agriculture, ecosystem and Environment*(137), 47-58.
- Cheng, H., Bai, R., Li, K., & Zhao, C. (2011). Study of loss or gain of soil organic carbon in Da'an region, Jilin Province in China. *journal of geochemical exploration*(112), 272–275.
- González, M. L., Etchevers, B. J., & Hidalgo, M. C. (2008). Carbono en suelos de ladera: factores que deben considerarse para determinar su cambio en el tiempo. *Agrociencia*(42), 741-751.
- Johnson, D. W., Knoepp, J. D., Swank, E. T., Shan, J., Morris, L., & Van-Lear, D. H. (2001). Effect of forest management on soil carbon: results of some long-term resampling studies. *Environ. pollute*, 16, 201-208.
- Nájera, O., Bojórquez S., J. I., Cifuentes L., J., & Marcelaño , S. (2010). Cambio de cobertura y uso de suelo en la cuenca del río Mololoa Nayarit. *Biociencias*, 1(1), 19-29.
- Romanya , J., Rovira , P., & Vallejo, R. (2007). Análisis de los suelos agrícolas de España. Aspectos relevantes en relación a la conversión a la agricultura ecológica en el ámbito mediterráneo. *ecosistemas, revista científica y técnica de ecología y medio ambiente*, 16(1), 50-57.
- Vivanco, J. C., Bojórquez , J. I., Murray , R. M., & Najera , O. (2010). Características de los principales suelos de la cuenca del río Mololoa , Tepic, Nayarit , México. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 32-40.

CARBONO EN SISTEMAS AGROFORESTALES DE CAFÉ EN LA REGIÓN DE LAS MONTAÑAS, VERACRUZ

Cuevas Trejo, S¹.; López Velasco, M.¹; Valdés Velarde, E.^{1*}; Ordaz Chaparro, V. M.²; Martínez Pérez, D.³; Ayala Sánchez, C.⁴; Merino, A.⁵

1Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx. México.

2Programa de Edafología. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Texcoco, Edo. de Méx. México.

3Centro Regional Universitario Oriente (CRUO). Universidad Autónoma Chapingo. Huatusco, Veracruz. México.

4Investigador independiente. Texcoco, Edo. de Méx. México.

5 Escuela Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela Campus Lugo, Galicia. España.

*Autor responsable: evaldesv@yahoo.com.mx; Km 38.5 Carretera México- Texcoco, Col. Chapingo, Texcoco, Estado de México. México. CP 56230; Tel. +52(595)9521500 ext. 6140, 6182 y 7182

Resumen

La remoción de emisiones de gases de efecto invernadero por acumulación en biomasa y/o suelo en ecosistemas terrestres es una forma de mitigar el cambio climático (Mena *et al.*, 2011). Los sistemas agroforestales de café presentan un alto potencial de secuestro de carbono (C) debido a la diversidad de especies leñosas usadas como sombra (Hernández *et al.*, 2012). El objetivo de este estudio fue determinar el C almacenado en la biomasa aérea y en el suelo en dos policultivos comerciales (02-PCO-TT y 03-PCO-ZI), tres policultivos tradicionales de café (04-PTR-TH, 05-PTR-CH y 06-PTR-ZI), un potrero (01-POT-CH) y un bosque mesófilo de montaña (07-BMM-CH) en la región de Las Montañas, Veracruz.

El sistema que presentó el mayor contenido de C en el componente vegetal fue el 07-BMM-CH con 248.4 Mg ha⁻¹, y el menor contenido el 01-POT-CH con 5.5 Mg ha⁻¹. Los policultivos comerciales 02-PCO-TT y 03-PCO-ZI presentaron el mayor y menor contenido de C en el suelo con 165.6 y 80.9 Mg ha⁻¹, respectivamente.

En cuanto al C total el 07-BMM-CH presentó el mayor contenido con 356.3 Mg ha⁻¹, seguidos de este se presentan de mayor a menor los sistemas agroforestales de café: 04-PTR-TH con 244.7 Mg ha⁻¹, 02-PCO-TT con 207.7 Mg ha⁻¹, 05-PTR-CH con 195.4 Mg ha⁻¹, 03-PCO-ZI con 172.4 Mg ha⁻¹, 06-PTR-ZI con 166.34 Mg ha⁻¹ y por último el 01-POT-CH con 160.6 Mg ha⁻¹. De los sistemas evaluados se concluye que el bosque natural (07-BMM-CH) es el mejor para almacenar carbono, sin embargo, los sistemas agroforestales con un diseño y manejo adecuados pueden ser opciones viables para retener cantidades importantes de este elemento.

Palabras clave: Policultivo Comercial, Policultivo Tradicional; Bosque Mesófilo de Montaña; cambio climático; ecuaciones alométricas

Introducción

Estudios realizados desde finales del siglo pasado hasta la actualidad muestran evidencias de importantes cambios en el clima, principalmente se ha presentado un aumento en la temperatura global, así como fluctuaciones en los regímenes de lluvia. En gran medida estos cambios se deben a la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, como el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), vapor de agua (H₂O), óxido nitroso (N₂O), entre otros. De estos el CO₂ es el principal gas antropogénico y el de mayor importancia debido al volumen que se produce cada año y por el tiempo que perdura en la atmósfera (IPCC, 2002). Para revertir el cambio climático se han implementado estrategias con resultados a largo plazo y de cobertura global, las cuales intentan

reducir las emisiones antropogénicas, como crear y mejorar los sumideros de carbono en la biosfera (Albrecht y Kandji, 2003). De los ecosistemas terrestres, los bosques retienen más carbono por unidad de superficie que cualquier otro tipo de uso de la tierra (Jaramillo, 2004); en este el carbono se encuentra en equilibrio, pero cuando son deforestados este equilibrio es alterado y da lugar a considerables emisiones de CO₂. Por lo tanto en lugares donde la deforestación no puede ser detenida, es necesario un manejo adecuado para reducir al mínimo las posibles pérdidas de carbono hacia la atmósfera (FAO, 2002).

La agroforestería puede ser una alternativa eficaz para la restauración y recuperación de aquellos bosques que han sido alterados (Casanova, 2011). Los sistemas agroforestales (SAF's) son formas de uso de los recursos donde se combinan deliberadamente árboles y/o arbustos con especies agrícolas; árboles y ganado o los tres elementos de manera simultánea o secuencial (Mendieta y Rocha, 2007) y actualmente se sabe que son parte importante de los sumideros de carbono (C). (Ávila *et al.*, 2001). Dentro de los SAF's, los sistemas cafetaleros con sombra diversificada tienen un gran potencial para la captura de C, representando así una opción para generar un valor ecológico y económico agregado a los productores (Dávalos *et al.* 2008). La cantidad de C secuestrado por los SAF's depende en gran medida de su estructura y función, que a su vez están determinadas por factores ambientales y socioeconómicos, además de las especies presentes, el manejo, (Albrecht y Kandji, 2003), la edad del sistema y las condiciones del suelo como la textura (Roncal *et al.*, 2008). Por ello, es necesario conocer la capacidad de estos sistemas para capturar C y así determinar la compensación económica que los productores deben recibir por los servicios ambientales que brindan con sus actividades de acuerdo con lo establecido por los mercados de C. (Mena *et al.*, 2011).

Materiales y Métodos

En los municipios de Huatusco de Chicuellar, Ixhuatlán del Café y Totutla, pertenecientes a la región de Las Montañas, Veracruz se muestrearon siete parcelas: un potrero (01-POT-CH), dos policultivos comerciales (02-PCO-TT y 03-PCO-ZI), tres policultivos tradicionales de café (04-PTR-TH, 05-PTR-CH y 06-PTR-ZI) y un bosque mesófilo de montaña (07-BMM-CH).

Las claves empleadas para cada sistema se componen por un número de orden (01 al 07), seguido por tres letras correspondientes al tipo de sistema (POT: potrero, PCO: policultivo comercial, PTR: policultivo tradicional, BMM: bosque mesófilo de montaña) y dos más que hacen referencia a la ubicación de la parcela (localidad y municipio). Estas parcelas muestran diferencias en el manejo, composición vegetal, edad de establecimiento y condiciones topográficas.

En cada sistema de estudio se delimitaron cuatro unidades de muestreo (UM) de 100 m² en forma rectangular (25 x 4 m). En las UM se cavaron dos pozos a un metro del centro, ubicados en lados opuestos de los cuales se extrajeron cuatro muestras de suelo a diferentes profundidades (0-10, 10-20, 20-30 y 30-60 cm). La determinación de C en el suelo se realizó por el método de Walkley y Black, adicionalmente se determinó la densidad aparente (Dap), textura, pH y conductividad eléctrica (C.E.)

Se midió la altura y diámetro en árboles dentro de las unidades de muestreo (100 m²), y para arbustos se delimitaron subunidades de 4 x 4 m (16 m²), posteriormente se aplicaron ecuaciones alométricas para determinar la biomasa por individuo y el C a partir de esta. Utilizando marcos de 1m² se colectaron dos muestras de herbáceas a 1 m de distancia del centro de la UM en sentido contrario, con marcos de 0.5 m² se colectaron dos muestras de mantillo de la misma forma que en el caso de las herbáceas; estas muestras fueron guardadas en bolsas plásticas previamente identificadas con una clave de sistema, UM y fecha. Para todas se registró el peso fresco, se metieron a secar a la estufa y se volvieron a pesar para obtener la cantidad de materia seca y C.

Resultados y Discusión

Carbono almacenado en la vegetación

La mayor concentración de C en el componente arbóreo se presentó en el sistema 07-BMM-CH con 207.39 Mg ha⁻¹, el cual difiere estadísticamente del 01-POT-CH (0.0 Mg ha⁻¹). Para la misma variable se observa semejanza estadística entre los sistemas agroforestales de café. Esto se debe a la naturaleza propia de cada sistema, ya que el bosque mesófilo de montaña (07-BMM-CH) es un ecosistema que no ha sido perturbado y cuenta con numerosos árboles de hasta 60 m de altura y 30 cm de diámetro, en cambio el potrero es una parcela que carece de componente arbóreo.

Dentro de los sistemas agroforestales estudiados, el mayor contenido de C fue de 101.95 Mg ha⁻¹ del 04-PTR-TH y el menor de 30.20 Mg ha⁻¹ del 02-PCO-TT, esta diferencia se debe principalmente a la composición del estrato (número y tipo de especies), la edad y las dimensiones de los árboles presentes en dichos sistemas. El contenido de C en arbustos fue mayor en el sistema 04-PTR-TH (4.90 Mg ha⁻¹) y menor en los sistemas 07-BMM-CH (1.38 Mg ha⁻¹), 05-PTR-CH (1.34 Mg ha⁻¹), 02-PCO-TT (1.00 Mg ha⁻¹) y 01-POT-CH (0.0 Mg ha⁻¹), siendo estos últimos estadísticamente iguales. Las diferencias estadísticas entre sistemas son principalmente por la densidad de plantación de cafetos y árboles de sombra jóvenes, que en el caso del 04-PTR-TH son mayores que los del resto de los sistemas.

Para la variable de C en herbáceas existen diferencias estadísticas entre el sistema 01-POT-CH (4.26 Mg ha⁻¹), y 02-PCO-TT (1.06 Mg ha⁻¹), mismos que a su vez difieren con el 07-BMM-CH (0.0 Mg ha⁻¹), el resto de los sistemas presentan similitud estadística entre ellos. Un bosque mesófilo de montaña bien conservado se caracteriza por una abundante vegetación, sin embargo el estrato herbáceo es casi nulo en condiciones naturales, en cambio en el potrero es el único componente vegetal presente, por lo que se desarrolla plenamente en todo el terreno. El C en mantillo fue mayor en el sistema 07-BMM-CH (5.04 Mg ha⁻¹), seguido por los sistemas agroforestales en el siguiente orden de mayor a menor 06-PTR-ZI, 02-PCO-TT, 03-PCO-ZI, 05-PTR-CH y 04-PTR-TH, los cuales presentan entre ellos semejanza estadística. El menor almacenamiento de C en mantillo lo presentó el sistema 01-POT-CH con 0.05 Mg ha⁻¹, siendo estadísticamente diferente al 07-BMM-CH. El contenido de C del mantillo está estrechamente relacionado con la densidad de árboles y arbustos, entre más individuos en dichos estratos mayor es el mantillo y por lo tanto más carbono, también influye el manejo que se le da a cada parcela, como el uso de abonos orgánicos, la poda de cafetos y manejo de sombra. El contenido de C en raíces muestra un comportamiento similar al C en árboles, siendo estadísticamente diferentes los sistemas 07-BMM-CH y 01-POT-CH con 34.54 y 1.15 Mg ha⁻¹ respectivamente, mientras los demás sistemas presentan similitud estadística.

El análisis estadístico no mostró significancia para la variable de C en troncos caídos.

Cuadro 1. Contenido de carbono (Mg ha⁻¹) por componente vegetal

Sistema	Árboles	Arbustos	Herbáceas	Mantillo	Raíces	Troncos caídos
Mg C ha⁻¹						
01-POT-CH	0.00 a ^z	0.00 b	4.26 a	0.05 c	1.15 b	0.00 a
02-PCO-TT	30.20 ab	1.00 b	1.06 b	3.08 abc	6.73 ab	0.00 a
03-PCO-ZI	70.30 ab	1.91 ab	0.51 bc	2.73 abc	13.91 ab	2.09 a
04-PTR-TH	101.95 ab	7.90 a	0.39 bc	1.30 bc	19.90 ab	0.02 a
05-PTR-CH	33.28 ab	1.34 b	0.12 bc	2.71 abc	7.21 ab	0.00 a
06-PTR-ZI	63.80 ab	2.30 ab	0.25 bc	4.01 ab	12.67 ab	1.28 a
07-BMM-CH	207.39 b	1.38 b	0.00 c	5.04 a	34.54 a	0.00 a
DMS	190.43	6.01	1.01	3.47	30.36	2.51

^zMedias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMS: Diferencia Mínima Significativa

Carbono en el suelo

En la capa más superficial del suelo correspondiente a 0-10 cm de profundidad no se observaron diferencias estadísticas en el contenido de C en los sistemas 02-PCO-TT (54.07 Mg ha⁻¹) y 01-POT-CH (53.44 Mg ha⁻¹); los sistemas 06-PTR-ZI, 04-PTR-TH y 03-PCO-ZI mostraron contenidos de 33.81, 32.83 y 31.32 Mg ha⁻¹ respectivamente.

El sistema 02-PCO-TT presentó el mayor contenido de C en las diferentes profundidades, a excepción de la profundidad de 20-30 cm, donde se encuentra solo por debajo del contenido encontrado en el sistema 05-PTR-CH (40.82 Mg ha⁻¹) con 35.60 Mg ha⁻¹; sin embargo, el análisis no muestra diferencias estadísticas entre estos dos y el 01-POT-CH (32.91 Mg ha⁻¹). Para la misma profundidad (20-30 cm), el sistema 03-PCO-ZI tuvo el valor más bajo siendo estadísticamente diferente al resto de los sistemas con 13.90 Mg ha⁻¹. En la profundidad correspondiente a los 10-20 cm, los sistemas con menor contenido de C fueron 06-PTR-ZI (23.64 Mg ha⁻¹), 04-PTR-TH (22.79 Mg ha⁻¹) y 03-PCO-ZI (22.55 Mg ha⁻¹), y para la profundidad de 30-60 cm los valores más bajos de C fueron 10.67 y 11.68 Mg ha⁻¹ de los sistemas 06-PTR-ZI y 03-PCO-ZI respectivamente.

La variación en contenido de C en el suelo en los diferentes sistemas se debió en gran parte a las características físicas de cada tipo de suelo como la textura y densidad aparente. Por lo general, los suelos arcillosos retienen más materia orgánica que los arenosos, por lo tanto el contenido de C tiende a ser mayor. En la Figura 1 se puede apreciar como el contenido de C en el suelo tiende a disminuir cuando la profundidad aumenta, esto ocurre para la mayoría de los casos, sin embargo para los sistemas 04-PTR-TH y 05-PTR-CH no se presenta la misma tendencia.

Cuadro 2. Contenido de carbono (Mg ha⁻¹) en el suelo a cuatro profundidades

Sistema	10-20 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-60 cm
Mg·ha				
01-POT-CH	53.44 a ^z	41.10 a	32.91 a	27.66 ab
02-PCO-TT	54.07 a	41.74 a	35.60 a	34.13 a
03-PCO-ZI	31.32 b	22.55 c	15.33 bc	11.68 c
04-PTR-TH	32.83 b	22.79 c	30.96 ab	27.17 ab
05-PTR-CH	39.86 ab	39.22 ab	40.82 a	30.81 ab
06-PTR-ZI	33.81 b	23.64 c	13.90 c	10.67 c
07-BMM-CH	39.09 ab	27.27 bc	25.94 abc	15.67 bc
DMS	18.25	13.57	16.9	15.18

^zMedias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. DMS: Diferencia Mínima Significativa

Conclusiones

El contenido de C en la vegetación fue mayor en el sistema 07-BMM-CH con 248.36 Mg·ha y menor en el 01-POT-CH (5.47 Mg ha⁻¹), siendo estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). De los sistemas agroforestales el que presentó mayor contenido de C fue el 04-PTR-TH (131.46 Mg ha⁻¹), debido principalmente a la alta densidad de árboles de sombra. De los siete sistemas evaluados los policultivos comerciales 02-PCO-TT y 03-PCO-ZI acumularon el mayor (165.60 Mg ha⁻¹) y menor (80.90 Mg ha⁻¹) contenido de C en el suelo respectivamente. El resto de los sistemas fueron estadísticamente semejantes. En lo que respecta al contenido total de C, se encontró que no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los sistemas. Sin embargo, la mayor cantidad de C se registró en el sistema 07-BMM-CH con 356.35 Mg ha⁻¹, seguido del 04-PTR-CH con 244.71 Mg ha⁻¹. El menor contenido de C se presentó en el sistema 01-POT-CH con 160.59 Mg ha⁻¹.

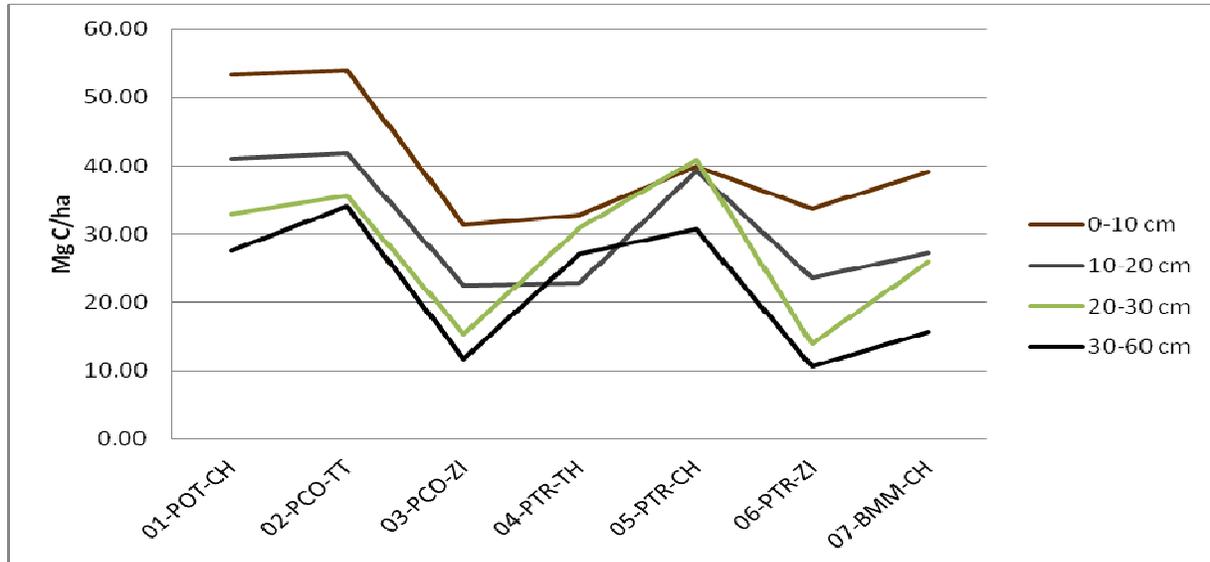


Figura 1. Comportamiento del contenido de C a cuatro diferentes profundidades de muestreo en sistemas agroforestales de café, un bosque y un potrero.

Agradecimientos

A la Línea Prioritaria de Investigación No. 1 (LPI-1): Manejo Sustentable de Recursos Naturales del Colegio de Postgraduados, y a la Dirección General de Investigación y Postgrado por el financiamiento recibido para esta investigación.

Bibliografía

- Albrecht, A.; S. T. Kandji, 2003. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agric, Ecos & Environm* 99: 15-27.
- Ávila, G; F. Jiménez; J. Beer, M. Gómez y M. Ibrahim. 2001. Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 8 (30): 32-35.
- Casanova L. F.; J. Petit A.; J. Solorio S.; 2011. Los sistemas agroforestales como alternativa a la captura de carbono en el trópico mexicano. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del ambiente*. 17 (1):5-118.
- Dávalos S., R.; M. I. Rodríguez M.; E Martínez P.; 2008. Almacenamiento de Carbono. In: Manson R. H., Hernández Ortiz V., Gallina S., Mehlreter K. (eds.). *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación*. Ed. Instituto de Ecología A. C. (INECOL) e Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), México, 348 p.
- Etchevers B., J. D.; C. M. Monreal; C. Hidalgo M.; M. Acosta M.; J. Padilla C.; R. M. López R. 2005. Manual para la determinación de carbono en la parte aérea y subterránea de sistemas de producción en laderas. Ed. Colegio de Postgraduados. México. 29 p.
- FAO. 2002. Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Informe sobre recursos mundiales de suelos - 96. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 76 p.
- Hernández V., E.; G. V. Campos A.; J. R. Enríquez V.; G. Rodríguez O.; V. A. Velasco V. 2012. Captura de carbono por *Inga jinicuil* Schltdl. en un sistema agroforestal de café bajo sombra. *Rev. Mex de Ciencias forestales* 3 (9): 11-21.
- IPCC. 2002. Cambio climático y biodiversidad. Documento técnico V del IPCC. Ed. IPCC. Ginebra, Suiza. 85 p.
- Jaramillo, V.J. 2004. El ciclo global del carbono. In: Martínez, J; A. Fernández B. (eds.). *Cambio climático: una visión desde México*. Ed. Instituto Nacional de Ecología. México. 525 p.
- Mena V., E; J. Andrade H.; M. Navarro C.; 2011. Biomasa y carbono almacenado en sistemas agroforestales con café y en bosques secundarios en un gradiente altitudinal en Costa Rica. *Agroforestería Neotropical* 1: 5-20.
- Mendieta L., M; L. R. Rocha M. 2007. Sistemas agroforestales. Ed. Universidad Nacional Agraria. Nicaragua. 115 p.
- Roncal G. S.; L Soto P.; J. Castellanos A.; N. Ramírez M.; B. de Jong. 2008. Sistemas agroforestales y almacenamiento de carbono en comunidades indígenas de Chiapas, México. *Interciencia*, 33 (3): 200-206.
- Rügnitz T., M.; M. Chacón L.; R. Porro. 2009. Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Centro Mundial Agroforestal (ICRAF)/ Consorcio Iniciativa Amazónica (IA). Lima, Perú. 79 p.

EVALUACIÓN DE CARBONO EN SISTEMAS AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN CHOCAMÁN, VERACRUZ

Rojas Pérez, L.^{1*}; Valdés Velarde, E.¹; Ordaz Chaparro, V. M.²; Martínez Pérez, D.³; Pérez Nieto, Joel¹; Merino, A.⁴

¹ Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. México.

² Programa de Edafología. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México. México.

³ Centro Regional Universitario Oriente (CRUO). Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. México.

⁴ Escuela Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela Campus Lugo. Galicia, España.

*Autor responsable: saints.yt@hotmail.com; Academia de Ecología, Departamento de Fitotecnia, UACH. Chapingo, Texcoco, Edo. De México. México. CP 56230; Tel. +52(55)-41116656

Resumen

En el presente estudio se evaluó el potencial de captura de carbono (C) de la biomasa aérea y el contenido de carbono orgánico del suelo (COS) en cuatro sistemas agroforestales de café (SAFC) ubicados en el municipio de Chocamán, Ver. Se evaluaron dos policultivos comerciales (06-PCC-NC, 07-PCC-NC), un especializado (05-ESP-TC) y un policultivo tradicional (15-PTR-CC). El método consistió en delimitar cuatro unidades de muestreo (UM) de 100 m² (4x25 m) en cada uno de los sitios, en las cuales se midieron los componentes de la biomasa aérea (BA) y se muestrearon cuatro profundidades de suelo (0-10, 10-20, 20-30 y 30-60 cm). Para estimar el carbono en la BA se utilizaron ecuaciones alométricas y para evaluar el COS el método de Walkley y Black. El sistema 06-PCC-NC presentó el mayor contenido de C en la BA con 78.90 Mg ha⁻¹, seguido del 15-PTR-CC con 59.57 Mg ha⁻¹, 07-PCC-NC con 54.41 Mg ha⁻¹ y 05-ESP-TC con 44.64 Mg ha⁻¹. En cuanto al contenido de COS el 06-PCC-NC mostró 252.09 Mg ha⁻¹, seguido del 05-ESP-TC, 15-PTR-CC y 07-PCC-NC con valores de 210.16 Mg ha⁻¹, 118.23 Mg ha⁻¹ y 117.96 Mg ha⁻¹, respectivamente. Los SAFC tienen un gran potencial de captura de carbono y pueden contribuir como una fuente alternativa de ingreso para los productores mediante el pago por servicios ambientales a través de los bonos de carbono. Los primeros 30 cm de profundidad almacenan la mayor cantidad de COS. La determinación de parámetros asociados ayuda a inferir los resultados, concretamente la Da que está intrínsecamente relacionada con el cálculo del COS.

Palabras clave: Sistema especializado; ecuaciones alométricas; COS

Introducción

El calentamiento Global se refiere a la tendencia a incrementar que durante los últimos 150 años ha mostrado la temperatura global del planeta, fenómeno que se atribuya al efecto de la contaminación humana, en particular a la quema de combustibles fósiles como el carbón y el petróleo y a la tala de bosques (Caballero et al., 2007).

El dióxido de carbono (CO₂) es el gas de efecto invernadero (GEI) antropógeno más importante. Entre 1970 y 2004, sus emisiones anuales han aumentado en aproximadamente un 80%, pasando de 21 a 38 gigatoneladas (Gt), y en 2004 representaban un 77% de las emisiones totales de GEI antropógenos. Durante el reciente decenio 1995- 2004, la tasa de crecimiento de las emisiones de CO₂-eq fue mucho mayor (0,92 GtCO₂-eq anuales) que durante el período anterior de 1970-1994 (0,43 GtCO₂-eq anuales) (IPCC, 2007). En el ciclo terrestre del carbono (C), el carbono orgánico del suelo (COS) representa la mayor reserva en interacción con la atmósfera y se estima en cerca de 1

500 Pg C a 1 m de profundidad (cerca de 2 456 a dos metros de profundidad)¹. El carbono inorgánico (CI) representa toneladas métricas cerca de 1 700 Pg pero es capturado en formas más estables tales como el carbonato de calcio. La vegetación (650 Pg) y la atmósfera (750 Pg) almacenan considerablemente menos cantidad de C que los suelos.

Los ecosistemas forestales contienen más C por unidad de superficie que cualquier otro tipo de uso de la tierra y sus suelos que contienen cerca del 40 por ciento del total del C son de importancia primaria cuando se considera el manejo de los bosques (FAO, 2002). Los agroecosistemas cafetaleros, con sombra diversificada, son sistemas con gran potencial en la captura de C. Estos sistemas representan una opción para los productores de café, no solo para dar un valor ecológico agregado, sino también para contar con una fuente económica alternativa que les permita integrarse al desarrollo sustentable del país. Esta alternativa económica puede ser a través del pago de bonos de carbono, estrategia que debe ser considerada, diseñada e implementada a corto plazo (Pineda et al., 2005).

El objetivo de la presente investigación es evaluar el contenido de CO total en sistemas agroforestales de café en Chocamán, Veracruz.

Materiales y Métodos

Diseño de unidades de muestra

El diseño de las unidades de muestreo (UM) fue de tipo sistemático. Se colocaron tres UM en sentido Norte – Sur (UM 1, 3 y 4) y una en sentido Oeste – Este (UM 2) en cada sistema del estudio (Fig. 1). Las UM son marcos rectangulares de 25 x 4 m (100 m²) (Etchevers et al., 2005).

Carbono edáfico

Se hicieron muestreos a cuatro diferentes profundidades (0-10, 10-20, 20-30 y 30-60 cm), con fines de simplicidad en el método para la última profundidad se tomó la muestra de 40-50 cm, la cual es representativa de todo el estrato.

En los sistemas estudiados se colectaron muestras de dos pozos por UM. Las medidas de los pozos fueron aproximadamente: 60 cm de largo, 60 cm de ancho, 60 cm de profundidad, y se realizaron a un metro distancia del centro de la UM. Para el muestreo del suelo se utilizó una barrena de PVC de 10 cm de largo y 5.5 cm de diámetro. El tubo se golpeó verticalmente con un mazo de madera y un martillo o maceta hasta penetrar totalmente en cada profundidad (0-10, 10-20, 20-30 y 30-60 cm); posteriormente se extrajo la muestra del tubo y se guardó en una bolsa de plástico etiquetada para transportarse al laboratorio (Masuhara, 2012).

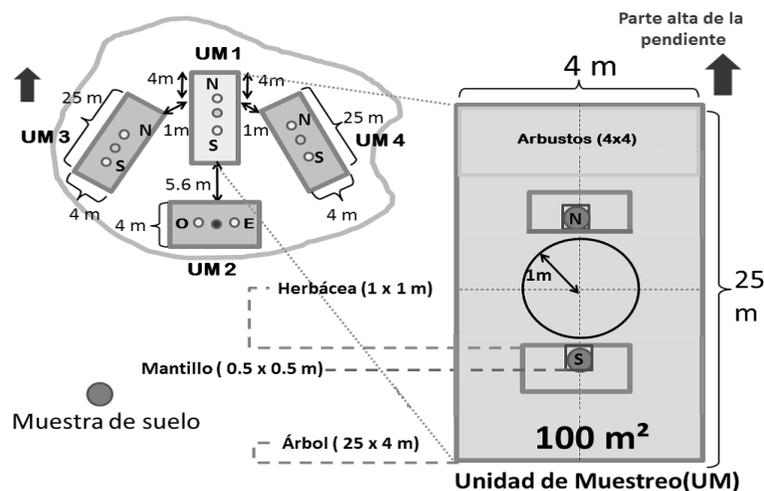


Figura 1. Esquemización de la unidad de muestreo (UM) (Masuhara, 2012).

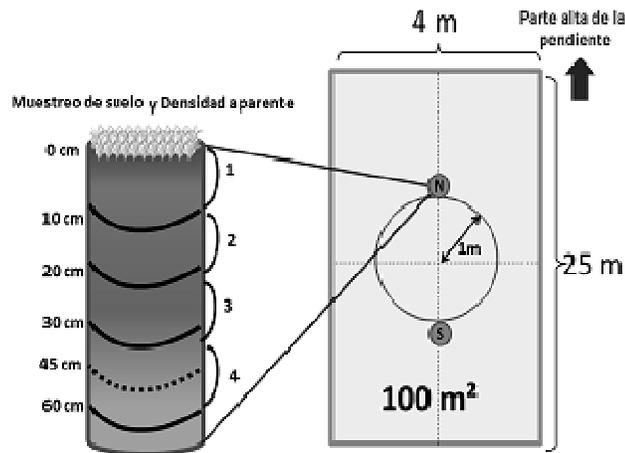


Figura 2. Esquematización de las profundidades del muestreo del suelo (Masuhara, 2012).

Preparación de las muestras de suelo para la determinación del carbono y demás parámetros

Las muestras de suelo se colocaron en bolsas de plástico debidamente identificadas y se trasladaron al laboratorio para su procesamiento y análisis. Se determinó peso fresco, enseguida se homogeneizaron las en el interior de la bolsa destruyendo manualmente todos los terrones. La muestra de suelo correspondiente a cada punto de muestreo (volumen conocido) se colocó en charolas de aluminio de aproximadamente 20x25 cm para secarse al aire y a la sombra hasta alcanzar peso constante. La muestra secada al aire se pasó por un tamiz de 2 mm, para separar la grava, los restos vegetales y animales, los cuales se colocan en frascos de vidrio, seguido de la molienda de la muestra tamizada (Etchevers et al., 2005).

En el Cuadro 1 se indica el método o procedimiento para determinar cada parámetro.

Cuadro 4. Procedimiento de análisis para cada parámetro.

Parámetro	Procedimiento de análisis
C ¹	Walkley y Black
pH	Suspensión acuosa 1:2 ²
CE ³	Suspensión acuosa 1:2 ²
Da ⁴	Método de la barrena
CIC ⁵	Método del EDTA
Textura	Bouyoucos

¹ Carbono. ² Peso/volumen. ³ Conductividad eléctrica ⁴ Densidad aparente. ⁵ Capacidad de intercambio catiónico.

Biomasa aérea

Las mediciones se realizaron por cada componente en cada sistema vegetal: árboles, arbustos, troncos caídos, herbáceas, mantillo. La biomasa de las raíces se estimó de manera indirecta (Rendón y Soto, 2007).

Biomasa arbórea

Para evaluar las especies arbóreas se consideraron todas las que estaban dentro del área total de la UM (100 m²), cuyo diámetro a la altura del pecho (Dap=1.30 m) era >2.5 cm, esta variable se midió con cinta métrica. También se midió la altura con una pistola Haga o en su caso regleta (Etchevers et al., 2005).

Biomasa arbustiva

Para la evaluación de vegetación arbustiva se utilizó un área de 4x4 m (16 m²), ubicada en la parte norte de la UM (UM 1, 3 y 4) y en la parte este de la UM 2.

Se midió el diámetro del tallo a 15 cm de la superficie del suelo, de igual manera se midió altura (Masuhara, 2012).

Biomasa de troncos caídos

Para medir troncos caídos se tomó en cuenta aquellos cuyo diámetro era >5 cm de diámetro y una longitud mayor a 50 cm (Masuhara, 2012).

Biomasa herbácea

Para evaluar la vegetación herbácea se utilizó un marco de 1x1 m (1 m²), colocado a un m del centro de la UM. En cada muestreo se cortó el material vegetal a ras de suelo (herbáceas). Las muestras fueron guardadas en bolsas plásticas para el transporte y de papel para su secado en la estufa. Fueron identificadas y después enviadas al laboratorio para determinar peso fresco y peso seco, el secado se realizó en el horno-estufa de aire forzado a 75 °C (Masuhara, 2012).

Biomasa de mantillo

El muestreo de mantillo se realizó también en forma sistemática con subcuadrantes de 0.5x0.5 m (0.25 m²) colocados en el centro del marco. Se recolecto el mantillo, la hojarasca, los residuos agrícolas y el estiércol acumulados, según fuera el caso. Las bolsas fueron identificadas y después enviadas al laboratorio para determinar peso fresco y seco, el secado de las muestras se realizó en el horno-estufa de aire forzado a 75 °C (Masuhara, 2012).

Biomasa de raíces

Para estimar la biomasa de raíces, el cálculo se realizó de manera indirecta con una ecuación alométrica (Masuhara, 2012).

El contenido de biomasa para cada componente del sistema se estimó con ecuaciones alométricas, las cuales se presentan en el Cuadro 2. La biomasa vegetal total se obtuvo sumando todos los componentes evaluados. El carbono existente en el área muestreada es la mitad de todos los componentes, ya que convencionalmente se considera el factor de proporcionalidad del 50% para obtener el carbono total contenido en la biomasa viva (Rendón y Soto, 2007).

Cuadro 5 Ecuaciones alométricas para cada componente del sistema.

Componente	Ecuación (Referencias)	Datos de campo requeridos
Arboles ¹	$Y=10^{(-0.834+2.223*\text{Log}_{10}(\text{Dap}^2))}$ (Segura et al., 2006)	Dap (cm), h ³ (m)
Arbustos	$Y=10^{(-1.113+1.578*\text{Log}_{10}(\text{Dap})+0.581*\text{Log}_{10}(h))}$ (Segura et al., 2006)	Dap (cm), h (m)
Herbáceas	$B= ((\text{PSM}^4/\text{PFM}^5) \times \text{PFT}^6) \times 0.01$	Herbáceas en un m ²
Mantillo	$B= ((\text{PSM}/\text{PFM}) \times \text{PFT}) \times 0.01$	Mantillo en un m ²
Troncos caídos	$Y= \pi * r^2 \times L^7 \times 0.43$ (Hairiah et al., 2001)	Largo (cm) Diámetro
Raíces	$Y=\exp(-1.0587+0.8836*\ln(\text{BAE}^8))$ (Cairns et al., 1997)	

¹ Ecuación general, en caso de existir una específica para una determina especie es recomendable usarla.

² Dap=Diámetro a la altura del pecho (1.30 m).

³ Altura (m).

⁴ Peso seco de la muestra colectada (g).

⁵ Peso fresco de la muestra colectada (g).

⁶ Peso fresco total por m².

⁷ Largo (cm).

⁸ Biomasa arbórea, arbustiva y herbácea, materia seca (Mg ha⁻¹).

Resultados y Discusión

Carbono en la biomasa aérea

En la Figura 3. Carbono orgánico en la biomasa aérea de cuatro sistemas agroforestales. se muestra el contenido de carbono orgánico en la biomasa aérea de los cuatro sistemas agroforestales evaluados. Aunque estadísticamente no hubo diferencias significativas entre dichos sistemas, en el 06-PCC-NC se encontró la mayor concentración de carbono con un total de 78.90 Mg ha^{-1} .

Carbono orgánico del suelo

En la Figura 4 se puede apreciar la distribución de la concentración de COS en cada una de las cuatro profundidades de muestreo. Estadísticamente se observaron diferencias significativas entre las diferentes profundidades y sistemas estudiados. La mayor concentración de COS se encontró en los primeros 10 cm de profundidad y la menor en la profundidad 30-60 cm. Siendo el sistema 06PCC-NC el que contiene más carbono con $252.09 \text{ Mg ha}^{-1}$.

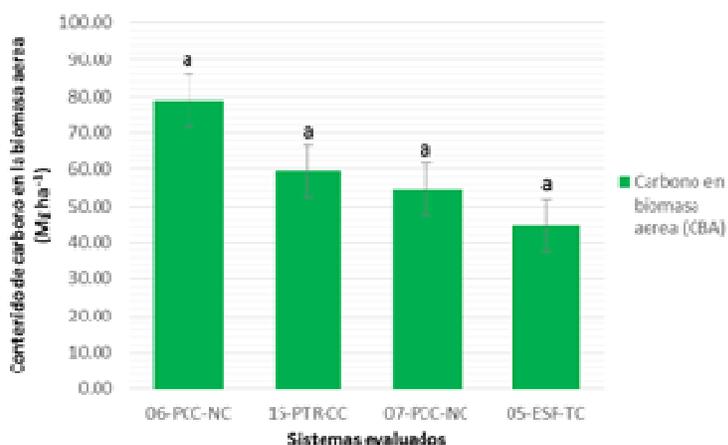


Figura 3. Carbono orgánico en la biomasa aérea de cuatro sistemas agroforestales. (Prueba de T. Letras iguales indican diferencias no significativas).

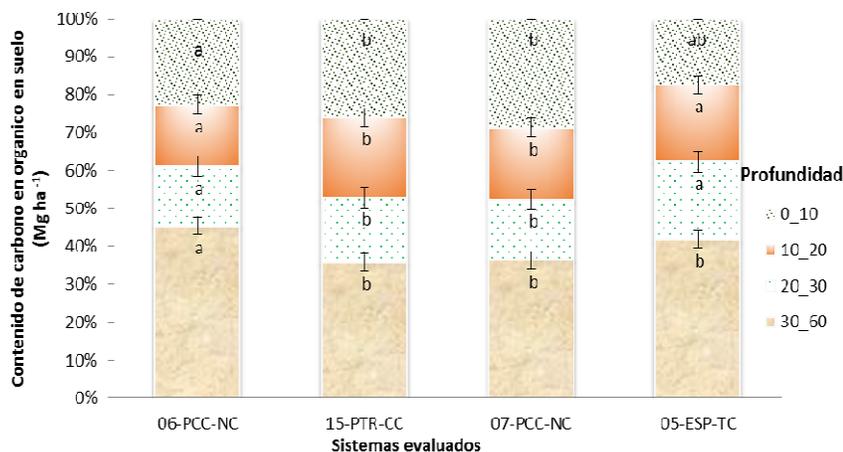


Figura 4 Carbono orgánico del suelo promedio en cuatro diferentes profundidades. (Letras iguales indican diferencias no significativas).

Contenido de carbono orgánico total en sistemas agroforestales de café

En la Figura 5 se puede apreciar el contenido de CO total de los cuatro SAF's evaluados. De acuerdo a la prueba de comparación de medias existen diferencias significativas entre los sistemas. El sistema 06-PCC-NC es el que presenta la mayor concentración de carbono con $330.99 \text{ Mg ha}^{-1}$. Se pueden explicar dichos resultados tomando en cuenta que la densidad aparente (D_a) en este sistema es de 1.22, la cual está

relacionada con el cálculo del contenido de COS. En el 05-ESP-TC se encontró el valor promedio más alto de %C con 5.30, lo que explica el gran almacenamiento de COS con $210.16 \text{ Mg ha}^{-1}$, sin embargo, es en este sistema donde se registró la menor D_a con un valor de 0.76.

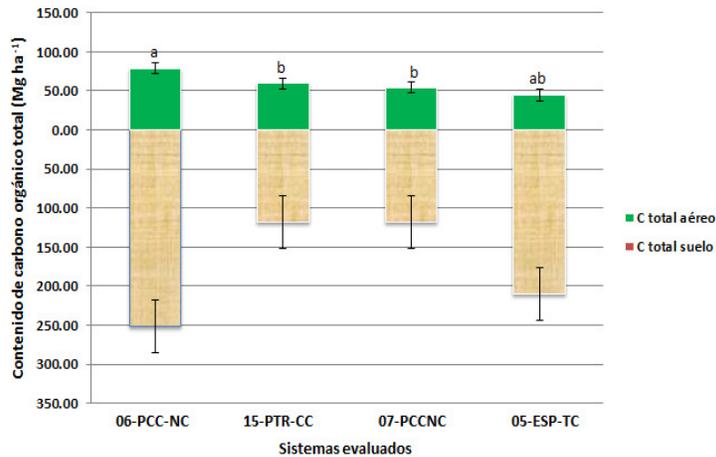


Figura 5. Contenido de carbono orgánico total en los cuatro sistemas agroforestales evaluados. (Letras iguales indican diferencias no significativas).

Conclusiones

Con el uso de ecuaciones alométricas se puede estimar de una manera rápida, económica y precisa el contenido de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales, en este caso específicos de café, sin embargo es recomendable la generación de ecuaciones para cada especie o en su debido caso para grupos de especies.

La principal concentración de carbono orgánico del suelo se encuentra en los primeros 10 cm de profundidad y a medida que desciende el muestreo el contenido de carbono también lo hace, por lo que se puede concluir que el tomar una muestra representativa de 30-60 cm es aceptable.

Los sistemas agroforestales de café tienen un gran potencial de captura de carbono y pueden contribuir como una fuente alternativa de ingreso para los productores al incurrir en bonos por servicios ambientales, a la vez que contribuyen a mitigar el impacto de los gases de efecto invernadero y por ende el calentamiento global.

Agradecimientos

A la línea de investigación No. 1: Manejo Sustentable de Recursos Naturales Del Colegio de Postgraduados y a la Dirección General de Investigación y Postgrado de la UACH, por haber financiado este proyecto.

Bibliografía

- Caballero, M.; Lozano, S.; Ortega, B. 2007. Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. *Revista Digital Universitaria*, Volumen 8 Número 10: pp. 1-12.
- Cairns M.; Brown, A. S.; Helmer E.H.; Baumgardner, G.A. 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia* 111: 1- 11.
- Etchevers, J. D.; Monreal, C. M.; Hidalgo C.; Acosta, M.; Padilla J.; López, R. M. 2005. Manual para la determinación de carbono en la parte aérea y subterránea de sistemas de producción en laderas. Colegio de Postgraduados. México. 29 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2002. Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Roma, Italia. 83 p.
- Hairiah, K.; Sitompul, S.M.; Van Noordwijk M.; Palm, C. 2001. Methods for sampling carbon stocks above and below ground. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF).Bogor, Indonesia. 32 p.
- IPCC, 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 p.
- Masuhara, A. 2012. Evaluación del contenido de carbono en sistemas agroforestales de café en Huatusco, Veracruz, México. Tesis de maestría. Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible (MADS). UACH, México. 146 p.
- Pineda-López M. del R.; Ortiz-Ceballos G.; Sánchez-Velásquez L. R. 2005. Los cafetales y su papel en la captura de carbono: un servicio ambiental aún no valorado en Veracruz. *Instituto de Ecología A.C. Xalapa, México. Madera y Bosques*, año/vol. 11, número 002: pp. 3-14.
- Rendón, N.; Soto L. 2007. Metodología rápida para la estimación y monitoreo de captura de carbono. El Colegio de la Frontera Sur. Chiapas, México.47 p.
- Segura, M.; Kanninen M.; Suárez, D. 2006. Allometric models for estimating aboveground biomass of shade trees and coffee bushes grown together. *Agroforestry Systems* 68: 143–150.

Simposium *Microbiología y Biotecnología de Suelos*

CEPAS DE *Trichoderma* spp. Y SOLUCIONES NUTRITIVAS EN EL CRECIMIENTO FISIOLÓGICO DE PLÁNTULAS DE CHILE (*Capsicum annuum*) (MIRASOL)

Escareño Barajas, J. E.^{2*}; Lozano Gutiérrez, J.¹; España Luna, M. P.¹; Lara Herrera, A.¹, Calvillo Oliveros, M. T.²; Díaz Robles, A.²; Villegas-Lujan, R.²

¹Docente Investigador, Unidad Académica de Agronomía, Universidad Autónoma de Zacatecas, Km. 15.5 Carr. Zacatecas-Guadalajara, Cieneguillas, Zacatecas.

²Técnico de la Fundación Produce Zacatecas A.C. Calle Nueva Celaya No. 109C, Col. 5 Señores, Zacatecas, Zac.

*Autor Responsable: jopes_79@hotmail.com, Calle: Ganadería Jesús Cabrera # 106. Co. Cañada de Bernardez, Guadalupe, Zacatecas, México. CP: 98610. Tel: 492 160 38 86

Resumen

Se evaluaron tres cepas de *Trichoderma* combinadas con dos soluciones nutritivas con base en Hoagland y humus líquido de lombriz en plántulas de chile, donde las variables evaluadas fueron diámetro de tallo, altura de plántula, peso seco radicular (PSR) y fresco (PFR); peso seco aéreo (PSA) y fresco (PFA). Las cepas del hongo *Trichoderma* spp., mejoraron el crecimiento y desarrollo de las plántulas de chile; durante este experimento se observaron diferencias entre variables pero al final presentaron comportamientos similares.

Palabras clave: microorganismos; nutrición; respuesta fisiológica

Introducción

Las especies de *Trichoderma* spp., son antagonistas de un grupo importante de microorganismos del suelo, su modo de acción principal es el hiperparasitismo (Torres *et al.* 2008; González, *et al.* 1999). Las investigaciones han demostrado que con la aplicación de *Trichoderma* spp las plantas de diferentes cultivos presentan mayor vigor, mayor peso en húmedo y seco y mejor desarrollo del sistema radicular (Donoso *et al.*, 2008; Torres *et al.* 2008; Lo *et al.*, 1997; Windham *et al.*, 1986). Estas características incrementan los mecanismos de defensa hacia los organismos fitopatógenos (Donoso *et al.*, 2008; Torres *et al.*, 2008; Benítez *et al.*, 2004; Harman *et al.*, 2004). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto bioestimulante de tres cepas del hongo *Trichoderma* sp., con dos criollos de chile tipo Mirasol del estado de Zacatecas y como fuente de agua dos soluciones, en etapa de plántula.

Materiales y Métodos

Se utilizaron tres cepas del hongo *Trichoderma* sp., dos nativas del estado de Zacatecas y una comercial (*Trichoderma* S.L.P). Las semillas de chile fueron dos criollos de dos productores del estado que practican la selección masal, y dos soluciones como fuente de agua; S1; Solución Hoagland (Cuadro 1), S2; Solución Orgánica y un testigo con agua purificada. Los tratamientos se muestran en el Cuadro 2. Para el establecimiento del experimento se sembró una semilla por cavidad de chile tipo mirasol por tratamiento en charolas de 200 cavidades, con sustrato peat most previamente esterilizado. Las inoculación del hongo fueron tres: la primera al momento de la siembra en el sustrato, la segunda en la emergencia de la plántula y la tercera a los 20 días del después de la emergencia, las últimas dos tipo drench; todas a una concentración de 1.2×10^9 esporas/ml.

Cuadro 1. Composición de la Solución Nutritiva modificada por Hoagland (Adaptada de Epstein, 1972)

Compuesto	Concentración de la solución Madre (gr L ⁻¹)	Volumen de la Solución Madre por Litro de la Solución Final	Modificada a la Mitad de la Dosis (ml L ⁻¹)
Fosfato Mono Potásico	132.06	1.0	0.5
Nitrato de Potasio	101.10	6.0	3.0
Nitrato de Calcio	236.15	4.0	2.0
Sulfato de Magnesio	246.50	2.0	1.0

Las características de la solución con base en humus de lombriz líquida presentó las siguientes características: pH 7.99; conductividad eléctrica (dS/m) 10.47; materia orgánica (%) 14.22; sólidos totales (%) 2.07; cenizas (%) 1.74; N-inorgánico (mg/L) 1700; PO₄ (mg/L) 210; Ca (mg/L) 1100; Mg (mg/L) 180; Na (mg/L) 500; K (mg/L) 10400; CO₃²⁻ (mg/L) 0.0; HCO₃⁻ (mg/L) 1220; Cl⁻ (mg/L) 5600; SO₄²⁻ (mg/L) 6000; Fe (mg/L) 100; Mn (mg/L) 40; Zn (mg/L) 90; y Cu (mg/L) 30.

Cuadro 2. Características de los Tratamientos

TRATAMIENTOS	TRATAMIENTOS
T1: C1+Trich 0+S1	T8: C2+Trich 0+S1
T2: C1+Trich 0+S2	T9: C2+Trich 0+S2
T3: C1+Trich 1+S1	T10: C2+Trich 1+S1
T4: C1+Trich 1+S2	T11: C2+Trich 1+S2
T5: C1+Trich 2+S1	T12: C2+Trich 2+S1
T6: C1+Trich 2+S2	T13: C1+Trich 2+S2
T7: C1+Agua	T14: C1+Agua

C1: Criollo Peralta, **C2:** Criollo Gastón, **Trich 0:** *Trichoderma* sp. S.L.P, **Trich 1:** *Trichoderma* sp. Los Pardillos, **Trich 2:** *Trichoderma* sp., Calera, **S1:** Solución Hoagland, **S2:** Solución Orgánica (humus lombriz).

Las plántulas en el semillero se regaron con las soluciones cada tercer día iniciando 8 días después de la emergencia y con agua diariamente, se mantuvieron en invernadero a una temperatura que osciló entre 25°C y 28°C, durante 50 días. Se realizaron dos evaluaciones, a 35 y 45 días después emergencia.

Para evaluar el efecto bioestimulante de las cepas de *Trichoderma* sp. se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones determinándose el diámetro de tallo con un Vernier electrónico midiendo en el primer entrenudo; altura de plántula, se determinó desde el cuello del tallo hasta la yema terminal del tallo; peso seco radicular (PSR) y fresco (PFR); peso seco aéreo (PSA) y fresco (PFA); se pesaron por separado sus partes aérea y radicular; las partes se secaron durante 24 horas a 80°C (ISTA, 1995) los resultados se expresaron en mg/plántula-1; el área foliar se midió con un medidor portable de área foliar laser (CID Bio Science, modelo CI-202), para todas las variables se hicieron dos evaluaciones la primera a los 35 y 48 días después de la emergencia.

Resultados y Discusión

Los resultados del análisis estadístico nos expresan que con el uso de *Trichoderma* como bioestimulante en el cultivo de chile las plántulas son más vigorosas morfológicamente, y existen diferencias estadísticamente significativas: en la primer evaluación en el peso fresco de raíz sobresalieron los tratamientos 3 y 4 correspondientes a Trich 1 Pardillos. En la segunda evaluación el tratamiento 1 correspondiente a la cepa de Trich 0 S.L.P obtuvo el mayor peso fresco (Fig. 1); para el peso seco de raíz en la primera evaluación sobresalió el tratamiento 3 siendo la cepa nativa Trich 1 con Solución Hoagland, en la segunda evaluación no se mostraron diferencias significativas (Fig. 2);

para el peso fresco aéreo hubo diferencias estadísticas en la primera evaluación, siendo el tratamiento 1 con la cepa Trich S.L.P. y en la segunda evaluación sobresalió el tratamiento 10 con la cepa Trich 1 con solución orgánica (Fig. 3), pero para el peso seco aéreo solo en la primera evaluación existieron diferencias estadísticas (Fig. 4).

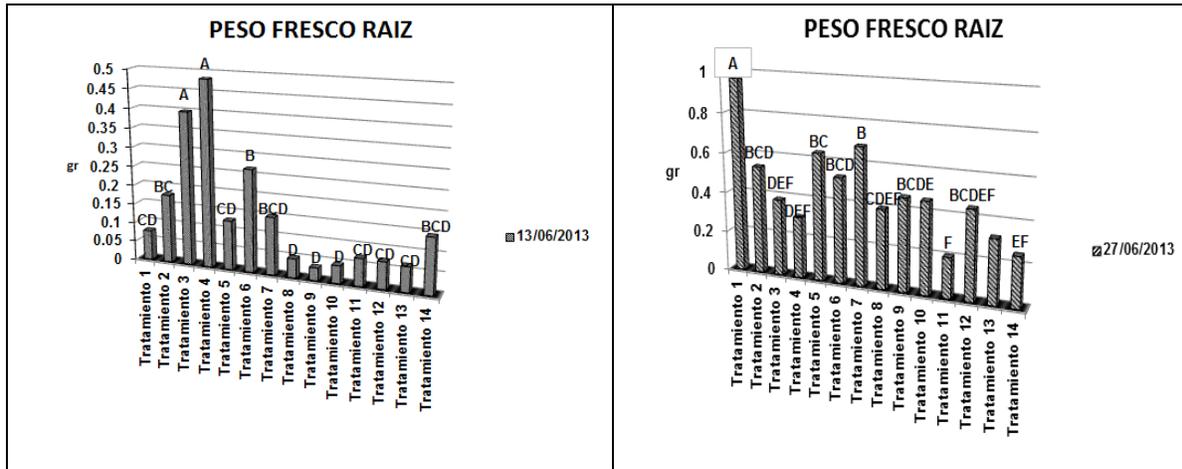


Figura 1. Resultados de la variable peso fresco de raíz.

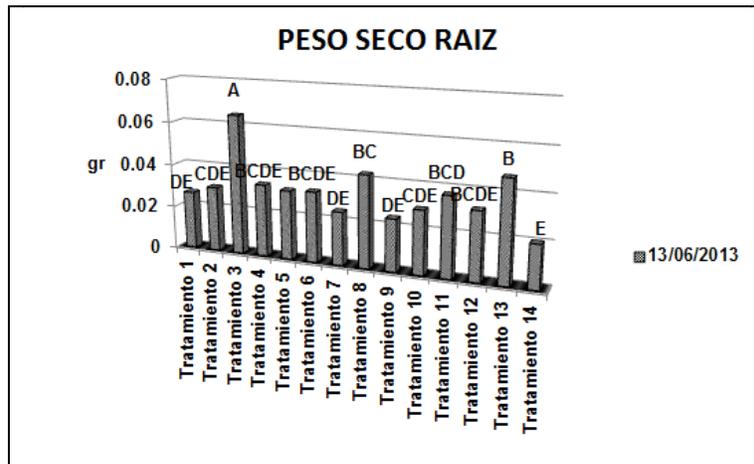


Figura 2. Resultados de la variable peso seco raíz.

La figura 2 muestra como el Tratamiento 1 es diferente estadísticamente al resto de los tratamientos. Estos resultados coinciden con los publicados por Donoso et al., (2008), Torres et al. (2008), Lo et al. (1997) y Windham et al. (1986), quienes mencionan que al aplicar *Trichoderma* las plantas de diferentes cultivos son más vigorosas, aumentan el peso húmedo y seco así como mayor desarrollo radicular. De igual manera se demostró que la ganancia en peso seco con algunos aislamientos es cercano al 23% en longitud de las raíces y de estolones, con incrementos que llegan hasta un 30% (www.soil-fertility.com).

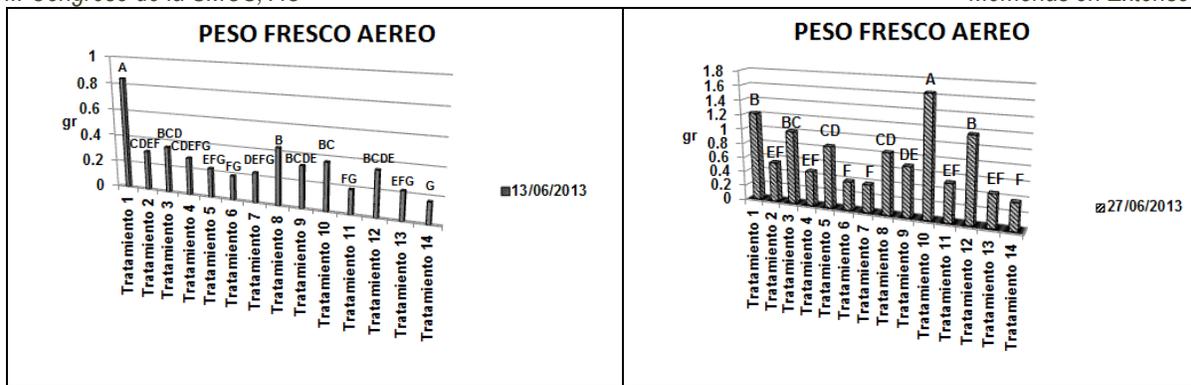


Figura 3. Resultados de la variable peso fresco aéreo

El peso verde y seco del área foliar es respuesta del crecimiento de área radicular Arora y Elander, (1992) citado por Benítez (2004), quien describe como *Trichoderma* spp frecuentemente incrementa el crecimiento de raíces y su desarrollo, productividad del cultivo, resistencia a estrés abiótico y favorece la toma y aprovechamiento de nutrimentos. El hongo *Trichoderma* spp es capaz de producir compuestos que estimulan el crecimiento como citoquininas, zeatinas y giberelinas (Harman *et al* 2008., 2004).

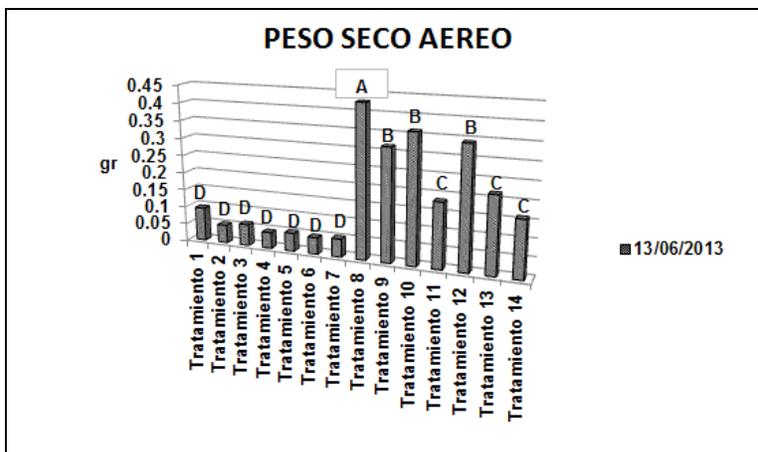


Figura 4. Resultados de la variable pes seco aéreo

Conclusiones

Las cepas del hongo *Trichoderma* spp., mejoran el crecimiento y desarrollo de las plántulas de chile; durante este experimento se observaron diferencias entre variables pero al final presentaron comportamientos similares.

Agradecimientos.

Este trabajo se llevó a cabo como parte del proyecto “Manejo Agroecológico de plagas y enfermedades en el cultivo del chile”, con financiamiento de la Fundación Produce Zacatecas A.C.

Bibliografía

- Aurora, D.K., Elander, R.P., and Mukerji, K.G., 1992. Handbook of applied Mycology: Fungal Biotechnology. Marcel Dekker, New York, pp.4:697.
- Benítez, T., A. Rincón, M. Limón and A. Codón. 2004. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. International Microbiology, 7: 249-260. Disponible en: <http://www.im.microbios.org/0704/0704249.pdf>
- Donoso E., G. Lobos y N. Rojas. 2008. Efecto de *Trichoderma harzianum* y compost sobre el crecimiento de plántulas de *Pinus radiata* en vivero. Bosque 29 81):52-57. Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/bosque/v29n1/art06.pdf>
- González C. H., Fonseca, M., Puertas, A., Rodríguez, L. y Arjona, C. 1999. Efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum* R. sobre la composición cuantitativa de bacterias, hongos y actinomicetos de la rizosfera de solanáceas y su influencia en el crecimiento vegetativo. Investigación agraria. Producción y Protección Vegetales 14(1-2):297-306.
- Harman, G., C. Howell, A. Viterbo, A. Chet and M. Lorito. 2004. *Trichoderma* Species - Opportunistic, Avirulent Plant Symbionts. Nat Rev Microbiol. 2:43-56.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. Handbook of Vigour Test Methods. Zürich, 1995. 117p.
- Velásquez, V.R., A.M.M. Medina y R.J.J. Luna. 2001. Sintomatología y géneros de patógenos asociados con las pudriciones de la raíz del chile (*Capsicum annuum* L.) en el norte centro de México. Revista Mexicana de Fitopatología 19: 175-181.
- Torres E., J. Iannacone y H. Gómez. 2008. Biocontrol del moho foliar del tomate *Cladosporium fulvum* empleando cuatro hongos antagonistas. Bragantia 67 (1): 169-178. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/brag/v67n1/a21v67n1.pdf>
- Windham M., Y. Elad and R. Baker, R. 1986. A mechanism for increased plant growth induced by *Trichoderma* spp. Phytopathology 76 (5):518-521.(www.soil-fertility.com).

INTERACCIÓN ENTRE DOSIS DE NITRÓGENO Y HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN EL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE *Carica papaya* L.

Figuroa-Chan, J. M.; Rincón-Enríquez, G.; Quiñones-Aguilar, E. E.*

Unidad de Biotecnología Vegetal, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. Guadalajara, Jalisco México.

*Correspondencia: eqaguilar08@gmail.com; Normalistas No. 800, Colonia Colinas de la Normal. Guadalajara, Jalisco México. CP 44270. Tel. +52 (33) 33455200 Ext. 1703.

Resumen

La producción de papaya en México tiene un impacto económico importante a nivel nacional, sin embargo la exigencia de los mercados nacional e internacional, cada vez limitan más los productos provenientes de agricultura convencional donde se emplean pesticidas químicos para su producción, lo cual limita la expansión de este cultivo. Una alternativa a esta problemática es el empleo de biotecnologías a base de microorganismos benéficos ya sea como biopesticidas o biofertilizantes. El caso particular de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) han sido explorados para emplearse principalmente como biofertilizantes por su capacidad de captar fósforo, sin embargo los HMA podrían contribuir en la adquisición de nitrógeno (N) por parte de la planta, por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de HMA y N en el crecimiento de plántulas de papaya a nivel de invernadero. Para lo cual se realizó un experimento factorial con doce tratamientos formados a partir de la combinación de 4 niveles del factor N (0, 150, 75, 37.5 kg ha⁻¹) y 3 niveles del factor HMA (Barranca de la nueces –BN-, INIFAP y Sin HMA). Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones y se evaluaron como variables de respuesta altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT) y número de hojas (NH) desde el día cero hasta el 45 después del trasplante (DDT). El análisis de los datos al día 45 DDT mostró que los tratamientos con solo HMA-BN o con solo 150 kg ha⁻¹ de N fueron iguales, pero superiores al tratamiento que no tuvo N y no fue inoculado con HMA. Lo cual indica que la inoculación con HMA podría sustituir en gran medida la fertilización química en la producción de papaya.

Palabras clave: Micorriza; biofertilizante; HMA aislados de *Agave cupreata*

Introducción

La producción de papaya (*Carica papaya* L.) se encuentra entre las principales especies de frutas cultivadas comercialmente en todo el mundo, México es el segundo productor y primer exportador en el mundo. En los últimos años los costos de producción de papaya se han incrementado por el uso de fertilizantes minerales requeridos por la planta para su crecimiento y producción continua. El uso excesivo de fertilizantes químicos para aumentar la productividad de los cultivos, a menudo, tiene como consecuencia la contaminación de suelos y aguas es por ello que es indispensable estudiar otras fuentes de fertilización que incrementen el rendimiento, disminuyan el costo de producción y al mismo tiempo no provoquen daños al medio ambiente. Con base en lo anterior es necesario hacer una modificación en los sistemas de producción, reemplazando de manera parcial, los fertilizantes minerales con organismos benéficos como los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) (Vásquez-Hernández *et al.*, 2011). Por otro lado, en la nutrición vegetal el fósforo (P) es uno de los nutrientes minerales más limitantes para el crecimiento de las plantas, en los suelos el P no se encuentra fácilmente disponible para las plantas por lo que las plantas han desarrollado algunas estrategias para absorberlo como cambios morfológicos, bioquímicos y moleculares en la raíz. Muchos estudios han puesto en manifiesto que la mayoría de las plantas aumentan la absorción de P al establecer

asociaciones con los HMA (Ibijbijen *et al.*, 1996; Montaña-Arias *et al.*, 2001; Montero *et al.*, 2010; Quiñones-Aguilar *et al.*, 2012), también se ha reportado que bajo fertilización nitrogenada podría contribuir de manera significativa al crecimiento vegetal (Jin *et al.*, 2005; Salgado-Barreiro *et al.*, 2012; Alarcón *et al.*, 2000; Álvarez-Sántiz *et al.*, 2012; Álvarez-Sántiz 2013). Bajo este contexto se planteó un experimento para evaluar dosis de nitrógeno (N) con diferentes HMA para cuantificar el crecimiento de las plantas de papaya con el fin de utilizar menos N en el cultivo de papaya, de forma tal que si los resultados son positivos se reduciría el costo de producción y el impacto ambiental en la producción de papaya mediante el empleo de esta biotecnología. Por lo cual el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de nitrógeno y hongos micorrízicos arbusculares en el crecimiento de plantas de papaya.

Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del CIATEJ sede Guadalajara Jalisco. Con el fin de determinar la dosis de nitrógeno con mejor interacción con los HMA en el crecimiento de las plantas de papaya, se realizó un diseño experimental que constó de 12 tratamientos con cuatro repeticiones distribuidas completamente al azar, cada maceta con una planta de papaya trasplantada representó una unidad experimental (UE), por lo que se obtuvieron 48 UE. El diseño de tratamientos se constituyó de dos factores, el factor HMA con tres niveles (Barranca de la nueces (BN), INIFAP y Sin HMA) y el factor dosis de N con cuatro niveles (0, 150, 75, 37.5 kg ha⁻¹). De esta manera los tratamientos evaluados fueron la combinación de los niveles de HMA y de N (kg ha⁻¹): T1.BN-0, T2.BN-150, T3.BN-75, T4.BN-37.5, T5.INIFAP-0, T6.INIFAP-150, T7.INIFAP-75, T8.INIFAP-37.5, T9.S/HMA-0, T10.S/HMA-150, T11.S/HMA-75, T12.S/HMA-37.5. Como fuente de N se utilizó sulfato de amonio (20.5% de N). Se tomaron plantas de papaya con 6 hojas verdaderas con promedios de altura de planta de 64 mm; diámetro de tallo de 2 mm y número de hojas 6. Se trasplantaron en macetas de 110 mm de alto que contuvieron un kilogramo de sustrato. El sustrato empleado contuvo una mezcla de suelo, arena, materia orgánica en proporción 50:45:5 respectivamente. Al momento del trasplante se inocularon a las plantas en la raíz con 80 esporas de HMA por maceta, los inóculos empleados fueron: uno aislado y propagado a partir de suelos provenientes de campos con plantaciones de *Agave cupreata* de Michoacán, denominado Barranca de la nueces (BN) y el otro fue un inóculo comercial disponible en el mercado como Biofertilizante (Micorriza "*Glomus intraradices*") de INIFAP y denominado en este estudio como INIFAP. Las variables de respuesta evaluadas fueron la altura de la planta (AP) (mm), diámetro del tallo (DT) (mm) y el número de hojas (NH) cada 15 días a partir del momento del trasplante y hasta 45 días después del trasplante. La AP y DT se midieron en mm de forma manual con un vernier digital, para AP se partió desde la base del suelo hasta el ápice de la planta y el DT se cuantificó en la base del tallo de la planta, mientras que el NH se realizó mediante conteo directo en las plantas. Los datos colectados fueron evaluados estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación múltiple de medias a un nivel de significancia de $P \leq 0.05$ mediante el programa estadístico Statgraphics (2005).

Resultados y Discusión

A los 45 días después del trasplante se encontraron diferencias entre los 12 tratamientos siendo T1 el tratamiento con mayor respuesta de crecimiento en las 3 variables evaluadas, en contraste el T9 representó la menor respuesta al crecimiento (Figura 1). Respecto al análisis estadístico mediante el ANOVA a los 45 DDT, los resultados se presentan en el Cuadro 1, nuevamente se comprobó la las diferencias significativas en el T1 con respecto a los demás tratamientos. En la Figura 1 se representan las variables de respuesta evaluadas durante el experimento, a los 45 días se puede notar un incremento de altura, diámetro del tallo y el número de hojas en todos los tratamientos, sin embargo el tratamiento que tiene una respuesta significativa diferente en las 3 variables de respuesta corresponde al tratamiento 1 (T1) (sin nitrógeno y con HMA Barranca de las Nueces), le siguen los

tratamientos con el inoculo comercial de HMA-INIFAP y HMA-BN con diferentes concentraciones de nitrógeno.

Respecto a los tratamiento donde solo se aplicó N se puede observar una tendencia al crecimiento en las variables de respuesta pero no se aprecia diferencias significativa con respecto a los que contuvieron HMA, también se puede notar que en el tratamiento 9 que no contiene nitrógeno ni HMA fue el tratamiento con menos crecimiento en las plantas de papaya. Mediante el análisis estadístico ANAVA a un nivel $P \leq 0.05$ se observó diferencias significativas por lo cual se realizó una prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

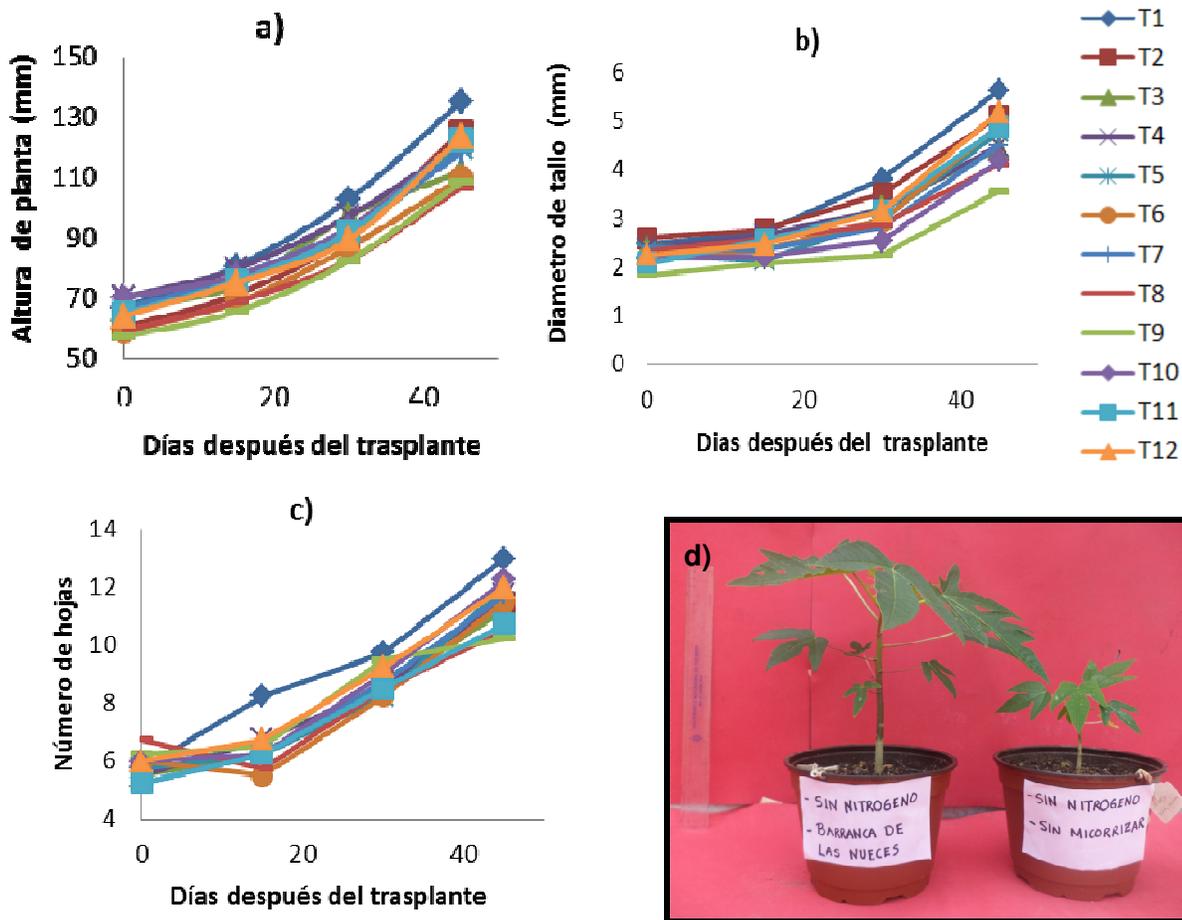


Figura 1. Comportamiento del crecimiento de plantas de papaya por efecto de distintas dosis de nitrógeno e inoculación con hongos micorrízicos arbusculares. (a) Altura de planta, (b) Diámetro del tallo y el número de hojas (NH) (c). (d) Se presenta la comparación general de los tratamientos con el HMA-BN y sin HMA a los 45 días después del trasplante.

Se encontraron diferencias significativas en las 3 variables de respuesta con la prueba de Tukey (Cuadro 1) en los tratamientos a los 45 días siendo el T1 con mayor efecto sobre el crecimiento de las plantas de papaya. Así mientras el inoculo de HMA Barranca de las Nueces (nativo de suelos agaveros de *A. cupreata* de Michoacán) y sin nitrógeno (T1) los tratamientos con INIFAP fue necesario agregarles nitrógeno para encontrar resultados similares al T1, sin embargo el tratamiento con dosis de N de 150 kg ha^{-1} y sin micorrizar mostró efectos similares al T1 en cuanto a la altura de

la planta y número de hojas, pero no para la variable de respuesta diámetro de tallo. Estos resultados sugieren que la fertilización nitrogenada podría ser remplazada en gran medida por inoculación con HMA, sin embargo esta inoculación de acuerdo a los resultados encontrados tendría que ser con microorganismos nativos de las regiones donde se desean aplicar dado que mostraron tener un efecto significativamente diferente sobre el HMA introducido (micorriza INIFAP) lo cual concuerda totalmente con lo sugerido por Armenta *et al.* (2010).

Cuadro 1. Crecimiento de plantas de papaya por efecto de nitrógeno y hongos micorrízicos arbusculares a los 45 días después del trasplante.

Tratamiento (N en kg ha ⁻¹)	AP (mm)	DT (mm)	NH
1. BN-0	135.3 a	5.6 a	13.0 a
2. BN-150	125.3 ab	5.1 ab	11.5 ab
3. BN-75	112.0 ab	4.5 bc	11.3 ab
4. BN-37.5	121.1 ab	4.5 bc	11.8 ab
5. INIFAP-0	119.6 ab	4.8 ab	12.0 ab
6. INIFAP-150	109.9 b	4.9 ab	11.5 ab
7. INIFAP-75	118.3 ab	4.5 bc	11.8 ab
8. INIFAP-37.5	106.8 b	4.1 bc	10.5 b
9. S/HMA-0	108.5 b	3.6 c	10.3 b
10. S/HMA-150	122.7 ab	4.2 bc	12.3 ab
11. S/HMA-75	122.6 ab	4.9 ab	10.8 ab
12. S/HMA-37.5	123.6 ab	5.2 ab	12.0 ab

AP: Altura de la planta, DT: Diámetro del tallo, NH: Número de hojas, S/HMA: Sin hongos micorrízicos arbusculares, BN: Barranca de las nueces. Letras distintas para cada variable de respuesta indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Conclusiones

A los 45 días después del trasplante se observó que la inoculación con el HMA Barranca de las Nueces y sin aplicación de N fue el tratamiento con mayores efectos significativos sobre las variables de crecimiento evaluadas, lo que podría ser una nueva alternativa biotecnológica para la producción de papaya ya que podría sustituir la fertilización química que puede dañar al suelo considerablemente, por una fertilización biológica que disminuya la contaminación, además de disminuir el costo de la producción de papaya.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó con el apoyo del proyecto MICH-2010-03-148208 del FOMIX-Gobierno del estado de Michoacán-CONACYT.

Bibliografía

- Alarcón A. Ferrera-Cerrato R., Gonzáles-Chávez M.C., Villegas-Monter A. 2000. Hongos micorrízicos arbusculares en la dinámica de aparición de estolones y nutrición de plantas de fresa cv. Fern obtenidas por cultivo *in vitro*. *Terra* 18: 211-218.
- Álvarez-Sántiz M. C. 2013. Respuesta de *Carica papaya* L. a la fertilización nitrogenada y su interacción con hongos micorrízicos arbusculares en vivero. Tesis profesional. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Michoacán. 92 pp.
- Álvarez-Sántiz M. C., López-Pérez L., Rincón-Enríquez G., Hernández-Cuevas L. V. y Quiñones-Aguilar E. E. 2012. Dinámica del crecimiento de plantas de papaya inoculadas con hongos micorrízicos arbusculares y fertilizadas con nitrógeno. *In: Blanco M. F., A. G. Bravo L., J. Hernández M., A. Lara H., R. Magallanes Q., S. J. Méndez G., R. D. Valdez Z. (comps). Tópicos edafológicos de actualidad, memoria del XXVII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Zacatecas, México. pp. 61-65.*
- Armenta B.A.D., C. García, J.R. Camacho, M.A. Apodaca, L.G. Montoya y E. Nava. 2010. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai Revista de Sociedad Cultura y Desarrollo Sustentable* 6: 51-56.
- Ibibiñen J., Urquiga S., Ismaili M., Alve J.R. and Boddey R. M. 1996. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, mineral nutrition, and nitrogen fixation of three varieties of common bean (*Phaseolus vulgaris*). *New Phytologist* 134: 353-360.
- Jin H., Pferrer. P.E., Dous. D. D., Piotrowski. E., Lammers. P. J., Sachar-Hill. Y. 2005. The uptake, metabolism, transport and transfer of nitrogen in arbuscular mycorrhizal symbiosis. *New Phytologist* 168: 687-696.
- Montaño-Arias N.M., Quiroz-García V. y Cruz-Flores G. 2001. Colonización micorrízica arbuscular y fertilización mineral de genotipos de maíz y trigo cultivados en un andisol. *Terra Latinoamericana* 19: 337-344.
- Montero L., Duarte R.C., Cabrera J.A. y Gonzales Y.P.J. 2010. Efectividad de biofertilizantes micorrízicos en el rendimiento del pimiento (*Capsicum annuum* L. var. Verano 1) cultivado en diferentes condiciones de humedad del sustrato. *Cultivos Tropicales* 31: 11-14.
- Quiñones-Aguilar E.E., E. Hernández-Acosta, G. Rincón-Enríquez y R. Ferrera-Cerrato. 2012. Interacción de hongos micorrízicos arbusculares y fertilización fosfatada en papaya. *Terra Latinoamericana* 30: 165-176.
- Salgado-Barreiro, C. S., Bravo-Patiño, A., Wang, E. T., Cárdenas-Navarro, R. 2012. Efecto de la inoculación con *Glomus intraradices* y de la fertilización nitrogenada en el crecimiento de plantas de fresa. *Scientia Agropecuaria* 3:171-179.
- Smith S. and F. Smith. 2011. Roles of arbuscular mycorrhizas in plant nutrition and growth: new paradigms from cellular to ecosystem scales. *Annual Review of Plant Biology* 62: 227-250.
- Statgraphics. 2005. StatGraphics centurion: ver. XV (User manual). StatPoint, Inc. USA.
- Vásquez-Hernández M., L. Arevalo-Galarza, D. Jaen-Contreras, J. Escamilla García, A. Mora-Aguilera, A. Mora-Aguilera, E. Hernández-Castro, J. Cibrán-Tovar and D. Téliz-Ortiz. 2011. Effect of *Glomus mosseae* and *Entrophospora colombiana* on plant growth, production, and fruit quality of 'Maradol' papaya (*Carica papaya* L.). *Scientia Horticulturae* 128: 255-260.

COLONIZACIÓN MICORRÍZICA DE MAÍZ NATIVO CONDICIONADA POR EL TIPO DE MANEJO E INSUMOS AGRÍCOLAS

Fuentes Ponce, M. H.^{1*}; Moreno Espíndola, I. P.¹; Rodríguez Sánchez, L. M.¹

¹Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Departamento de Producción Agrícola y Animal. D.F., México.

*Autor responsable: mfponce@correo.xoc.uam.mx; Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, D.F., México. CP 04960; Tel. +52(55)-5483-7000 ext. 3081

Resumen

En las últimas décadas las disciplinas relacionadas con la producción agropecuaria han considerado la búsqueda de nuevas alternativas de producción sustentables. En los agrosistemas, el suelo juega un papel relevante por lo que su estudio coadyuva a evaluar la sustentabilidad del sistema, por lo cual es necesario generar indicadores que nos permitan evaluar y monitorear el impacto de los diferentes manejos. Se han realizado varias investigaciones, respecto a parámetros físicos y químicos del suelo que para ser evaluados requieren manejos de largo plazo, sin embargo, los indicadores biológicos podrían satisfacer dichas necesidades en períodos más cortos. El porcentaje de colonización micorrízica puede ser uno de ellos, por lo cual el objetivo de la presente investigación fue determinar el impacto de diferentes agrosistemas (milpa, agricultura de conservación y convencional, considerando insumos orgánicos y sintéticos) en la colonización y presencia de arbusculos micorrízicos en plantas de maíz nativo en el sur-oriental del Valle de México. Se realizaron dos muestreos en la etapa inicial del cultivo (42 días después de la siembra y posterior a la aplicación de herbicida). Los resultados no fueron contundentes, en el primer muestreo todas las parcelas con insumos orgánicos (milpa, AC sin agroquímicos y ecológica) presentaron las plantas con mayores porcentajes de micorrización en comparación con aquellas de suelos con insumos sintéticos (convencional y AC con agroquímicos), sin embargo, dicha tendencia cambió en el segundo muestreo ya que la milpa decayó en el porcentaje de colonización. Lo que podemos afirmar, es que posiblemente los sistemas agrícolas con insumos químicos (fertilizantes fosfatado y herbicida) reducen sustancialmente la colonización y presencia de arbusculos micorrízicos en plantas de maíz nativo.

Palabras clave: Insumos sintéticos; insumos orgánicos; hongos micorrízicos arbusculares

Introducción

En las últimas décadas se han desarrollado e implementado prácticas de manejo agrícola con el objetivo de mejorar la calidad del suelo en un contexto de sustentabilidad de los agrosistemas, como una respuesta al deterioro de éstos al ser manejados intensivamente y al uso excesivo de insumos sintéticos. Es primordial la generación y monitoreo de nuevas alternativas de producción desde una concepción sistémica y holística, incluyendo diferentes sistemas como la agricultura tradicional, ecológica y de conservación. Aspirando a ciclos de energía y materiales más cerrados, reduciendo el uso de productos sintéticos, implementando la rotación de cultivos, uso de nutrientes de origen orgánico, fuentes renovables de energía, respetando los organismos vivos del sistema (Baars y Baars 2007; Guzmán y González, 2009). Es necesario considerar que el uso inadecuado de los insumos orgánicos también puede impactar negativamente en los ciclos biogeoquímicos del agrosistema. Por lo anterior, es primordial conocer con precisión las ventajas y desventajas de los diferentes manejos agrícolas, al ser el suelo un componente fundamental, de los agroecosistemas monitorear su calidad nos permite determinar el grado de impacto de los diferentes manejos agrícolas. En investigaciones anteriores hemos utilizado indicadores de calidad del suelo físicos y químicos que requieren de

experimentos de largo plazo (mínimo 10 años) para poder determinar los cambios en el agrosistema (Fuentes et al., 2009; Govaerts et al., 2007). Los componentes biológicos del suelo y los indicadores bioquímicos pueden ser utilizados para evaluar la calidad del suelo en experimentos de corto plazo debido a su alta sensibilidad ante cualquier alteración del sistema y cambios en el ambiente (Bending et al., 2004) y su estrecha relación con el sistema radical de las plantas, interviniendo en características como tolerancia al stress, productividad, adaptabilidad, entre otros (Rodríguez and Redman, 2008; Schnitzer et al., 2011; Lau and Lennon, 2011). Una de las asociaciones más importantes en el suelo ocurre entre la raíz de las plantas y los hongos micorrízico arbusculares (HMA), que coadyuvan a la obtención de nutrientes (P), resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia a la sequía y metales pesados, además de favorecer la estructura del suelo (Gosling et al., 2006).

Consideramos que la presencia de HMA en las raíces, puede ser un indicador biológico del impacto de diferentes agrosistemas, ya que el grado de colonización de los HMA esta relacionado con prácticas agrícolas como: tipo de rotación, proporción de materia orgánica e intensidad de labranza, así como con las características físico-químicas del suelo (Hijri et al., 2006; Miller and Jackson, 1998); por lo cual el objetivo de la presente investigación fue determinar el impacto de diferentes agrosistemas en la colonización micorrízica en plantas de maíz nativo en el sur-oriente del Valle de México.

Materiales y Métodos

1) Sitio de estudio

El sitio de estudio esta inmerso en el Programa de Investigación Sierra Nevada (PISN) de la Universidad Autónoma Metropolitana, ubicado al sureste del Valle de México. La región donde se ubican las parcelas experimentales es el municipio de Cocotitlán en el Oriente del Estado de México, 19° 12' 18" y 19° 14' 33" latitud norte; y 98° 49' 46" y 98° 52' 52" longitud oeste, a una altura de 2,300 msnm. El clima es del tipo C(w1)(w), que corresponde al templado subhúmedo. La temporada de lluvias abarca del mes de mayo a octubre con una precipitación anual de 784 mm. El suelo es un Typic Ustivitrands y por clasificación WRB Andosol vítrico éutrico epiarénico.

El área donde se establecieron las parcelas experimentales (1 ha), en 2011, se subdividió en parcelas de 6.6 X 30 metros (198 m²), en las cuales se implementaron 5 tratamientos (Cuadro 1) con un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones, lo que da un total de 15 parcelas experimentales. Todos los modelos de manejo contemplan la producción de maíz nativo (chalqueño).

2) Muestreo, cuantificación y análisis de la colonización micorrízica

El análisis de la colonización micorrízica en raíces de maíz, se realizó a partir de muestras de plantas obtenidas de los cinco sistemas de manejo (una planta por repetición, en total tres plantas por tratamiento). Se realizaron dos muestreos, el primero cuando todavía no se había aplicado herbicida en los tratamientos químicos (5 de junio de 2013, 42 días después de la siembra) y el segundo una semana después de la aplicación de herbicida, Hierbamina (2,4-D), 2.5 lt ha⁻¹ (24 de junio de 2013, 61 días después de la siembra).

Para la cuantificación se cortaron 90 segmentos de raíces secundarias y finas de 1 cm de largo por repetición, mismas que se sometieron a digestión con KHO (10%), se eliminó la materia orgánica con peróxido de hidrógeno, se acidificaron con HCL (10%) y se tiñeron con azul de tripano (0.05%) (Phillips y Hayman, 1970). La evaluación del M% y A% se realizó de acuerdo a lo propuesto por Trouvelot et al. (1986); los datos fueron analizados con el paquete MycoCalc (<http://www2.dijon.inra.fr/mychintec/MycoCalc-prg/download.html>). Posteriormente se realizó un ANOVA de una vía, comparando medias con la prueba de Tukey con el programa JMP.

Cuadro 1. Tratamientos considerados para implementar en el municipio de Cocotitlán, Estado de México.

AC= Agricultura de conservación

Agrosistema	Labranza	Manejo de residuos	Fertilización	Manejo de arvenses	Rotación
Milpa orgánica (manejo mixto)	Cero	Retención (100%)	Orgánica	Azadón Cultivo forrajero	Asociado
AC sin agroquímicos	Cero	Retención (100%)	Orgánica	Azadón	Rotación
AC con agroquímicos	Cero	Retención (100%)	Química	Químico	Rotación
Ecológico	Convencional	Incorporado (30%)	Orgánica	Control mecánico (arado)	Monocultivo
Convencional	Convencional	Sin residuos	Química	Arado+herbicida	Monocultivo

Resultados y Discusión

En el primer muestreo, 42 días después de la siembra, las raíces de maíz que presentaron la mayor colonización micorrízica fueron las que se desarrollaron en el sistema de milpa orgánica, mientras que las plantas con menor presencia fueron las desarrolladas en el sistema convencional (Cuadro 2). La tendencia fue similar en la abundancia de arbusculos, destacando la ausencia de estos en el tratamiento convencional y de agricultura de conservación con insumos sintéticos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Colonización micorrízica y abundancia de arbusculos en plantas de maíz con cinco diferentes manejos agrícolas (primer muestro).

Tratamiento	Colonización micorrízica (%)	Abundancia de arbusculos (%)
Milpa orgánica	4.26 ±0.95 a	0.17 ±0.16
AC sin agroquímicos	3.95 ±0.62 a	0.04 ±0.03
AC con agroquímicos	0.45 ±0.20 bc	0.00 ±0.00
Ecológico	2.94 ±0.69 ab	0.03±0.03
Convencional	0.05 ±0.05 c	0.00 ±0.00

Las letras diferentes indican diferencia estadística significativa $P<0.05$

Los manejos agrícolas afectan los porcentajes de colonización de los HMA, en particular, las rotaciones tienen un efecto significativo en ello (Hijri *et al.*, 2006); en el presente estudio las plantas de maíz que presentaron menor porcentaje de colonización y arbusculos fueron las que se establecieron con monocultivo de maíz (convencional). La presencia de diferentes plantas hospederas ayuda a incrementar la presencia y diversidad HMA en comparación a monocultivos (Karasawa *et al.*, 2002). Sin embargo, las plantas de la parcela ecológica manejada con monocultivo de maíz, presentaron un porcentaje similar de micorrización a las plantas de sistemas con rotación, así mismo las plantas de AC con agroquímicos a pesar de que fueron cultivadas en un sistema de rotación presentaron porcentajes de colonización bajos en comparación al resto de los tratamientos, consideramos que el factor determinante en este estudio fue el tipo de insumos empleados. La incorporación de insumos orgánicos al suelo estimula la colonización micorrízica (Gosling *et al.*, 2006), la agricultura con insumos orgánicos reduce las entradas de P soluble como fertilizante, al existir un exceso de fósforo disponible se afecta la relación raíz-hongo, disminuyen la colonización de este último (Kogelmann *et al.*, 2004). Kahiluoto *et al.* (2001), mostraron que la colonización y la densidad de esporas de hongos micorrízicos se redujeron en dos suelos donde se fertilizó con P soluble, diferentes cultivos, con dosis bajas e intermedias. En el presente estudio las dos parcelas

fertilizadas con insumos sintéticos (convencional y AC con agroquímicos), en el caso del P con fosfato triple de calcio (50 kg ha^{-1}), presentaron plantas con baja colonización de micorrizas y nula abundancia de arbusculos (Cuadro 2).

En el primer muestreo, del presente estudio, se observó una mayor presencia de HMA en manejos con rotación, insumos orgánicos, aunado a suelos sin labranza (milpa orgánica y AC sin agroquímicos), respecto a este último punto existe un gran debate, hay investigaciones que demuestran que la agricultura intensiva puede disminuir la presencia de micorrizas y afirman que la no labranza lo estimula (Oliveira and Sanders 1999; Galvez *et al.*, 2001; Borie *et al.*, 2006). Sin embargo, Jansan *et al.* (2003), argumentan que la mayoría de los HMA de sistemas agrícolas son *Glomus* spp (Daniell *et al.*, 2001), los cuales forman esporas que sobreviven fácilmente por lo cual la labranza intensiva solo los disipa, ellos argumentan, que las condiciones del suelo por su manejo químico es lo que posiblemente reduzca la dispersión de las hifas y no necesariamente la labranza, lo cual se podría afirmar en el caso de las plantas del tratamiento ecológico anteriormente discutido, donde hubo buena colonización en comparación con los tratamientos sin labranza pero posiblemente el insumo orgánico fue lo que propicio dicha respuesta. Mirás-Avalos *et al.* (2011), plantean que los HMA tienen gran capacidad para restablecer la colonización y reafirman la idea de que la labranza no tiene impacto en dicho sentido sino que impacta en la diversidad de los hongos.

En el segundo muestreo (cuadro 3), se observó una caída en el porcentaje de colonización micorrízica en todos los tratamientos respecto al primer muestreo, lo cual se atribuye a la disminución de O_2 en el suelo por el aumento de la precipitación en la zona de estudio y la formación de una costra en varias parcelas.

Cuadro 3. Colonización micorrízica y abundancia de arbusculos en plantas de maíz con cinco diferentes manejos agrícolas (segundo muestro).

Las letras diferentes indican diferencia estadística significativa $P < 0.05$. *NS (no hubo diferencias

Tratamiento	Colonización micorrízica (%)*	Abundancia de arbusculos (%)
Milpa orgánica	0.29 \pm 0.16	0.00 \pm 0.00
AC sin agroquímicos	1.61 \pm 0.57	0.12 \pm 0.09
AC con agroquímicos	0.74 \pm 0.26	0.00 \pm 0.00
Ecológico	1.52 \pm 0.51	0.23 \pm 0.10
Convencional	0.08 \pm 0.17	0.03 \pm 0.02

significativas)

Las plantas de maíz del sistema ecológico fueron las únicas donde la colonización fue similar entre los dos muestreos (desde el análisis estadístico) (Cuadro 4), contrario a la milpa orgánica y AC orgánica donde los insumos son iguales que el tratamiento ecológico pero no se labró el suelo (Cuadro 4). Consideramos que la labranza y la incorporación de insumos orgánicos fue lo que propició que las plantas de maíz de la parcela ecológica aumentaran el porcentaje de micorrización; posiblemente las labores de labranza, surcado y la aplicación de insumos orgánicos favorecieron la distribución del micelio y las esporas en el perfil del suelo. Los HMA requieren de C (Gosling *et al.*, 2006), en el caso de las parcelas con insumos orgánicos pero sin labranza, dicho elemento esta acumulado en la parte superior del perfil, lo que posiblemente no ocurre en el ecológico donde se realizaron labores, lo que puede propiciar una mineralización más acelerada, aumentando la disponibilidad de nutrientes en comparación con los suelos sin labranza, lo que coadyuva a la colonización micorrízica (Jansan *et al.*, 2003).

Los herbicidas pueden tener un efecto indirecto en la colonización micorrízica, sin embargo el efecto mayor radica en la eliminación de arvenses que podrían actuar como plantas hospederas (Gosling *et al.*, 2006). Hay quienes afirman que los hongos micorrízicos coadyuvan a la degradación de biocidas, al generar condiciones que estimulan la actividad de las enzimas que actúan en dicho proceso (Huang *et al.*, 2009; Wu *et al.*, 2008). En nuestro estudio las plantas de maíz en la parcela

con manejo convencional y AC con agroquímicos presentaron los porcentajes de colonización más bajos en ambos muestreos, podríamos adjudicar la baja colonización y presencia de arbusculos a dicha práctica aunado al uso de fertilizantes solubles, específicamente fosfatados.

Cuadro 4. Comparación del porcentaje de colonización micorrízica (%) entre el primer y segundo muestreo.

Tratamiento	Primer muestreo (n=3)	Segundo muestreo con herbicida (n=6)
Milpa orgánica	4.26 ±0.95a	0.29 ±0.16b
AC sin agroquímicos	3.95 ±0.62a	1.61 ±0.57b
AC con agroquímicos	0.45 ±0.20ns	0.74 ±0.26ns
Ecológico	2.94±0.69ns	1.52 ±0.51ns
Convencional	0.05 ±0.05ns	0.08 ±0.07ns

Las letras diferentes indican diferencia estadística significativa $P < 0.05$. ns (no hubo diferencias significativas).

Los componentes biológicos del suelo como los HMA y su interacción con las plantas cultivadas dependen de múltiples factores, por lo cual deben ser considerados para su interpretación en relación con los sistemas de producción y el contexto ambiental en el que ocurren. McGonigle y Miller (2000) muestran que es complejo establecer correlaciones o efectos directos de un factor como la labranza o la densidad de inóculo de HMA sobre el porcentaje de micorrización. Anteriormente se mencionó que la presencia de insumos sintéticos como los fertilizantes solubles pueden afectar la actividad metabólica de los HMA, estos factores y otros como la identificación de las especies de HMA nativas y las que pudieran encontrarse en los insumos orgánicos deben considerarse en posteriores investigaciones para una interpretación más puntual de los efectos de cada uno de los sistemas de producción de maíz aquí considerados.

Conclusiones

Es difícil concluir contundentemente, ante una evaluación incipiente (2 años de establecimiento del experimento y con plantas jóvenes), sobre cual de los agrosistemas fomenta la colonización micorrízica en plantas de maíz nativo, sin embargo, podemos afirmar que los sistemas con insumos sintéticos, fertilizante fosfatado y herbicida, que fueron las parcelas convencionales que implican monocultivo, labranza e insumos sintéticos y la agricultura de conservación con agroquímicos (cero labranza, rotación y retención de residuos), suprimen la colonización y abundancia de arbusculos micorrízicos en el maíz nativo en las condiciones agroecológicas de la zona de estudio en el sur oriente del Valle de México.

Agradecimientos

El presente trabajo fue realizado gracias al apoyo del CONACYT mediante el proyecto: 169056 "Indicadores microbiológicos de salud del suelo en diferentes sistemas de manejo agrícola", y del proyecto de la UAM-X, del Departamento de Producción Agrícola y Animal: "Implementación de estrategias agronómicas y zootécnicas para reducir la emisión de metano e incrementar la captura de carbono".

Bibliografía

- Borie, F., R. Rubio, J. L. Rouanet, A. Morales, G. Borie, C. Rojas. 2006. Effects of tillage systems on soil characteristics, glomalin and mycorrhizal propagules in a Chilean Ultisol. *Soil Till. Res.* 88: 253–261.
- Galvez, L., D. D. Douds, L. E. Drinkwater, P. Wagoner. 2001. Effect of tillage and farming system upon VAM fungus populations and mycorrhizas and nutrient uptake of maize. *Plant Soil* 228: 299–308.
- Baars, E., and T. Baars. 2007. Towards a philosophical underpinning of the holistic concept of integrity of organisms within organic agriculture. *NJAS Wageningen Journal of Life Sciences* 454.
- Bending, G. D., M. K. Turner, F. Rayns, M. C. Marx, M. Wood. 2004. Microbial and biochemical soil quality indicators and their potential for differentiating areas under contrasting agricultural management regimes. *Soil Biol. Biochem.* 36:1785–1792.
- Daniell, T. J., R. Husband, A. H. Fitter, J. P. W. Young. 2001. Molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi colonising arable crops. *FEMS Microbiol. Ecol.* 36: 203–209.
- Fuentes, M., B. Govaerts, F. De León, C. Hidalgo, K. D. Sayre, J. Etchevers, and L. Dendooven. 2009. Fourteen years of applying zero and conventional tillage, crop rotation and residue management systems and its effect on physical and chemical soil quality. *European Journal of Agronomy.* 30: 228–237.
- Gosling P., A. Hodge, G. Goodlass. 2006. Bending Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming *Agriculture, Ecosystems and Environment* 113: 17–35.
- Govaerts, B., M. Mezzalama, Y. Unno, K. D. Sayre, M. LunaGuido, K. Vanherck, L. Dendooven, and J. Deckers. 2007. Influence of tillage, residue management, and crop rotation on soil microbial biomass and catabolic diversity. *Appl. Soil Ecol.* 37: 18–30.
- Guzmán, G.I., and M. González de Molina. 2009. Preindustrial agriculture versus organic agricultura. The land cost of sustainability. *Land Use Policy.* 26: 502–510.
- Hijri, I., Z. Sy'Korová, F. Oehl, K. Ineichen, P. Mäder, A. Wiemken, D. Redecker. 2006. Communities of arbuscular mycorrhizal fungi in arable soils are not necessarily low in diversity. *Molecular Ecology* 15: 2277–2289.
- Huang, H., S. Zhang, N. Wu, L. Luo, P. Christie. 2009. Influence of *Glomus etunicatum*/*Zea mays* mycorrhiza on atrazine degradation, soil phosphatase and dehydrogenase activities, and soil microbial community structure. *Soil Biol. Bioch.* 41: 726–734.
- Jansa, J., A. Mozafar, G. Kuhn, T. Anken, T. Ruh, I.R. Sanders, E. Fossard. 2003. Soil tillage affects the community structure of mycorrhizal fungi in maize roots. *Ecol. Appl.* 13: 1164–1176.
- Karasawa, T., Y. Kasahara, M. Takebe. 2002. Differences in growth responses of maize to preceding cropping caused by fluctuation in the population of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biology and Biochemistry* 34: 851–857.
- Kahiluoto, H., M. Vestberg, J. E. Olesen, R. Eltun, M.J. Gooding, E.S. Jensen, U. Kopke. 1999. Impact of cropping systems of mycorrhizae. In: *Designing and Testing Crop Rotations for Organic Farming. Proceedings from an International Workshop Danish Centre for Organic Farming (DAECOF), Tjele, Denmark*, pp. 305–309.
- Kogelmann, W. J., H. S. Lin, R. B. Bryant, D. B. Beege, A. M. Wolf, G. W. Petersen. 2004. A statewide assessment of the impacts of phosphorus- index implementation in Pennsylvania. *J. Soil Water Conserv.* 59, 9–18.
- Lau, J. A., J. T. Lennon. 2011. Evolutionary ecology of plant-microbe interactions: soil microbial structure alters selection on plant traits. *New Phytol* 192: 215–224.
- McGonigle, P. T., and H. M. Miller. 2000. The inconsistent effect of soil disturbance on colonization of roots by arbuscular mycorrhizal fungi: a test of the inoculum density hypothesis. *Applied Soil Ecology* 14, 147–155.
- Miller, M. H., and L. E. Jackson. 1998. Survey of vesicular-arbuscular mycorrhizae in lettuce production in relation to management and soil factors. *Journal of Agricultural Science* 130: 173–182.
- Mirás-Avalos, J. M., P. Antunes, A. Koch, K. Khoslad, J. N. Klironomos, K. Dunfield. 2011. The influence of tillage on the structure of rhizosphere and root-associated arbuscular mycorrhizal fungal communities. *Pedobiologia* 54: 235–241.
- Oliveira, A. A. R., and F. E. Sanders. 1999. Effect of management practices on mycorrhizal infection, growth and dry matter partitioning in field-grown bean. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 34: 1247–1254.
- Phillips, J. M., D. S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society* 55: 158–161.
- Rodríguez, R., R. Redman. 2008. More than 400 million years of evolution and some plants still can't make it on their own: plant stress tolerance via fungal symbiosis. *J Exp Bot* 59: 1109–1114.
- Schnitzer, S. A., J. N. Klironomos, J. Hille Ris Lambers. 2011. Soil microbes drive the classic plant diversity-productivity pattern. *Ecology* 92: 296–303.
- Trouvelot, A., J. L. Kough, V. Gianinazzi-Pearson. 1986. Mesure du taux de mycorrhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In: *Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae*, V. Gianinazzi-Pearson and S. Gianinazzi (eds.). INRA Press, Paris, pp. 217–221.
- Wu, N. Y., S. Z. Zhang, H. L. Huang, P. Christie. 2008. Enhanced dissipation of phenanthrene in spiked soil by arbuscular mycorrhizal alfalfa combined with a non-ionic surfactant amendment. *Science of the Total Environment* 394: 230–236.

MORFOTIPOS DE MICORRIZAS ASOCIADAS A TOMATILLO EN ARTEAGA, COAHUILA

Hernández Hernández, F. S.¹; Mendoza Villarreal, R.²; Robledo Torres, V.², Cárdenas Flores, A.³

¹UAAAN. Maestría en Ciencias en Horticultura. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

²UAAAN. Departamento de Horticultura. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

³CIQA. Centro de Investigación de Química Aplicada, Saltillo, Coahuila, México.

*rosalindamendoza@hotmail.com; UAAAN. Departamento de Horticultura. Blvd. Antonio Narro s/n, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. CP: 25315; Tel. +52(844)-411-0303

Resumen

Con el objetivo de conocer la biodiversidad de morfotipos de micorrizas nativas en tomatillo cultivado (TC) y tomatillo silvestre (TS) en suelos de Arteaga, Coahuila se llevo a cabo el presente trabajo. Se realizó un muestreo 5 de oros sobre suelo arcilloso correspondiente a TC y migajón arcillo-arenoso en TS. El experimento se realizó en los meses diciembre y febrero año 2012-2013. La evaluación de morfotipos se realizó en el laboratorio de horticultura de la UAAAN. Para la extracción de esporas se empleó la metodología de tamizado y decantación en húmedo con centrifugación, Gerderman y Nicholson (1963). Por sus características morfológicas se clasificaron 9 morfotipos en TC y 13 en TS, agrupados según su homogeneidad respecto a la apariencia de la pared externa de la espora, forma, color y tamaño ; M1, M6 , M9 de TC y M1, M2, M8 , M11 de TS pared esporal no diferenciada, M2, M3, M4, M5, M7, M8 de TC y M3, M4, M5, M6, M7, M9, M10, M12 , M13 pared esporal de dos capas; forma: M1, M2 de TC y M2 de TS ovalada, M3 y M4 de TC y M7, M8, M9, M10, M12 de TS atrofiada, M5, M6, M7, M8, M9 de TC y M1, M3, M4, M5, M6, M11, M13 esférica. Las esporas de TC y TS presentan diferente tamaño y nitidez de color café. El TC estuvo expuesto a manejo tecnificado en consecuencia menor diversidad, superado por TS debido a que se desarrollo con bajo nivel de disturbio.

Palabras clave: Tomatillo; micorriza; morfotipos

Introducción

Los hongos formadores de micorrizas arbusculares (MA) ejercen un papel clave en el establecimiento y desarrollo de la mayoría de las plantas, mejoran las condiciones de productividad, supervivencia y resistencia; ante factores patológicos su simbiosis mutualista contribuye a la retención física de partículas del suelo limitando los efectos dañinos de la erosión. Ayudan a la retención de humedad, aireación y descomposición de la materia orgánica, mejoran la capacidad productiva de los suelos como los afectados por la desertificación, la salinización, la erosión hídrica y eólica (Alarcón et al. 2000) e interaccionan con diversos microorganismos del suelo, estableciendo cooperaciones con unos y compitiendo con otros generalmente de tipo patógeno, e incluso interactuando con la microfauna de la rizósfera (Ewald Sieverding 1991).

Además prolongan la vida de los suelos agrícolas productivos, contribuyendo a su uso más diverso, económico y ecológico (Cavagnaro et al. 2001). La diversidad y distribución de hongos micorrizicos arbusculares (HMA) pueden ser afectados por la composición de especies de plantas, las propiedades del suelo, las prácticas agrícolas, las condiciones ambientales y la microbiota del suelo, pero la importancia relativa de cada factor en la composición de las especies de HMA y distribución es desconocida (Clapp et al. 1998) y es probable que varía dependiendo en el contexto.

Algunas propiedades del suelo como la fertilidad, y en especial la disponibilidad de fósforo P, son bien conocidos por influir en el desarrollo de los hongos micorrízicos en las raíces y en el suelo en condiciones de campo (Treseder et al. 2004). La relación real entre las propiedades del suelo y la distribución de especies de HMA en sitios de campo sigue siendo poco conocida y es posible encontrar tanto débil (Hijri et al. 2006) y fuertes (Carvalho et al. 2003) relaciones entre la distribución de HMA y algunas propiedades del suelo, por lo tanto es de suma importancia conocer la diversidad de morfotipos de micorrizas para así realizar el aislamiento de los que predominen.

México todavía tiene una alta tasa de conversión de tierras de bosques a tierras de cultivo (Masera et al. 1997). La pérdida de la biodiversidad y la calidad del suelo asociado con la conversión de diversos bosques para la agricultura / horticultura está bien documentada (Thompson et al. 2009). Es evidente que estos hongos simbióticos del suelo se han convertido en un componente integral de las comunidades vegetales en los ecosistemas naturales y agrícolas. Los beneficios de la inoculación de una amplia gama de especies de plantas agronómicas con micorrizas arbusculares (MA) se han documentado en numerosos estudios (Menge y Timmer, 1982, Harley y Smith, 1983 y Silvia et al., 1993). Aunque la aplicación de las nuevas técnicas (por ejemplo, el uso de la maquinaria más sofisticada en el campo), para aumentar el rendimiento, puede ser útil pero también puede ser perjudicial y por lo tanto desfavorables consecuencias ecológicas, ambientales y económicas.

Materiales y Métodos.

El experimento inicio con la realización de 2 muestreos de suelo en Arteaga Coahuila, México utilizando el método zig – zag (para análisis de suelo), se tomó 1 kg de suelo en cada punto, se colectaron 5 muestras a una profundidad de 0-30 cm y el método 5 de oros (para extracción de esporas de micorrizas) en una superficie de 1 Ha de terreno en parcelas del Rancho San Francisco 25°23'23.63"N-100°37'33.97"O, las cuales tenían establecido cultivo de tomatillo (TC) y en ejido Escobedo 25°20'56.36"N-100°40'45.84"O se muestreó en una superficie de 1 Ha donde se encontraba tomatillo silvestre (TS) con escaso disturbio y sin la aplicación de pesticidas; se tomaron 10 submuestras de 1 kg a una profundidad de 0- 30 cm.

Con las muestras colectadas se realizó un análisis de suelo en el laboratorio de ciencias del suelo de la UAAAN, en la cual se determino pH (método del potenciómetro), textura (método del triangulo textural), fósforo (método de Bray y Kurtz, 1945) y potasio (método de absorción atómica. Una vez realizado el análisis se procedió a la extracción y separación de morfotipos de esporas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), en el laboratorio de horticultura de la UAAAN. De las 10 submuestras colectadas de cada genotipo (TC y TS) se pesaron 100 gr de suelo para la extracción de esporas de hongos micorrízicos arbusculares utilizando el método de decantado húmedo y tamizado descrito por Gerdemann y Nicholson (1963).

Se utilizaron 3 tamices con apertura de 250, 44 y 37 micrones. Este procedimiento se realizó por medio del método de gradiente de concentración de sacarosa, se agregó el decantado que se obtuvo del tamiz con apertura de 44 micrones en tubos de 50 ml especiales para centrifuga, posteriormente se agregó 25 ml de sacarosa, enseguida se procedió a calibrar los tubos y se colocaron en la centrifuga en donde se mantuvo durante 5 minutos a 3500 rpm, posterior a ello el contenido de los tubos se depósito en el tamiz de 37 micrones y se lavo para eliminar la sacarosa que pueda estar adherida a las esporas, se colecto el contenido del tamiz con 10 ml de agua destilada en una caja petri para su observación. La separación de morfotipos se llevo a cabo considerando características morfológicas de la espora según su homogeneidad respecto a la apariencia de la pared externa de la espora, forma, color y tamaño para ello se utilizo un microscopio esteroscopico con cámara integrada.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se muestran los resultados del análisis físico- químico de suelos realizados para el presente estudio para ambos genotipos (TC yTS).

Cuadro 1. Análisis físico-químico del suelo

Genotipo	P (ppm)	K (ppm)	pH	Textura
TC	40.3	450	8.6	Arcilla
TS	18.7	210	8.5	Migajón arcillo-arenoso

Descripción: TC: tomatillo cultivado; TS: tomatillo silvestre.

Se observa que el genotipo TC cuenta con un contenido de fósforo de 40.3 ppm clasificándose como un suelo mediano y el genotipo TS con 18.7 ppm como medianamente pobre, Portilla et al. (1998) reportan una disminución en la colonización micorrizica en trigo y triticale al aumentar la dosis de fósforo; Este elemento es de suma importancia ya que es el principal factor nutrimental que limita la producción de propagulos infectivos de los HMA según Ferguson y Menge, 1982; Khalil et al. (2000) obtuvieron que en dosis altas de fósforo la MA disminuyó el porcentaje de colonización; así mismo no observaron vesículas ni arbusculos.

Pérez y Vertel et al. (2010) señala que en dosis de 18.994 ppm de fosforo y pH medianamente alcalino 7.8 en pasto colosoana se obtienen altos porcentajes de colonización, el pH del suelo en estudio de ambos genotipos (TC y TS) se encuentra entre 8.5 y 8.6 considerándose con alcalinidad fuerte, Primaves (1990) señala que existe una influencia clara del pH sobre las micorrizas, el cual debe estar alrededor del neutro (5,3 y 6,1) para lograr su mayor actividad en la rizósfera.

En lo que respecta a los contenidos de potasio el genotipo TC cuenta con 450 ppm considerándose como un suelo rico en este elemento mientras TS tiene 210 ppm como medianamente rico. La textura del suelo del genotipo TC se considera como un suelo del tipo arcilla y el genotipo TS es un suelo migajón arcillo-arenoso según la clasificación del triangulo textural. Se hace necesario subrayar que los genotipos TC y TS se desarrollaron bajo diferentes condiciones. El TC contó con la aplicación de fertilizantes químicos y TS se desarrolló con los elementos que contiene el suelo de manera natural.

En el Cuadro 2 se observa el número de morfotipos de los genotipos TC y TS de acuerdo a la homogeneidad respecto a la apariencia externa de la espora; en dicho cuadro se observa que el M1, M6 y M9 del genotipo TC y M1, M2, M8 y M11 de TS la pared esporal no se diferencia; el M2, M3, M4, M5, M7, M8 del genotipo TC y M3, M4, M5, M6, M7, M9, M10, M12 Y M13 cuentan con una pared esporal de dos capas. En lo que respecta a forma el M1, M2 del genotipo TC y M2 de TS son de forma ovalada, M3 y M4 de genotipo TC y M7, M8, M9, M10, M12 de TS son de forma atrofiada, M5, M6, M7, M8, M9 de genotipo TC y M1, M3, M4, M5, M6, M11, M13 son de forma esférica. En lo que respecta a color y tamaño la totalidad de los morfotipos presentaron diferente tamaño y grado de nitidez de color café.

Algunos estudios han demostrado que las prácticas conservadoras de la agricultura favorecen un mayor número de esporas, diversidad, potencial de inóculo y colonización de micorrizas en comparación con la agricultura convencional (Limonard y Ruissen, 1989 ;Douds et al,1993. ; Kurle y Pflieger, 1994 ; Oehl et al, 2003).

Cuadro 2. Morfotipos y características esporales de micorrizas.

Características esporales					
MTC	Pared esporal no diferenciada	Pared esporal 2 capas	Forma esporal		
			O	A	E
M1	x		x		
M2		x	x		
M3		x		x	
M4		x		x	
M5		x			x
M6	x				x
M7		x			x
M8		x			x
M9	x				x
MTS					
M1	x				x
M2	x		x		
M3		x			x
M4		x			x
M5		x			x
M6		x			x
M7		x		x	
M8	x			x	
M9		x		x	
M10		x		x	
M11	x				x
M12		x		x	
M13		x			x

Descripción: M: Morfotipo; MTC: Morfotipo tomatillo cultivado; MTS: Morfotipo tomatillo silvestre; O: Ovalada; A: Atrofiada; E: Esférica.

La mayor diversidad esporal se obtuvo en el genotipo TS con 13 morfotipos y en el genotipo TC se obtuvieron 9 morfotipos, diversos autores señalan una disminución de la infección y diversidad esporal con el aumento de la fertilidad del suelo y la aplicación de fertilizantes químicos, afectando así el desarrollo del hongo (Howeler y otros, 1982 y Primaves, 1990). Nuestros resultados están de acuerdo con otros estudios que muestran que los sitios de vegetación natural tienen una mayor riqueza de especies de los sitios administrados (Cuenca et al., 1998, Oehl et al., 2003, Lovera y Cuenca, 2007 y Tchabi et al., 2008). Otros estudios han encontrado que los monocultivos no conducen necesariamente a reducir la diversidad AMF (Lovelock y Ewel 2005).

Conclusiones

La diversidad de morfotipos de esporas de micorrizas es mayor en suelos sin la aplicación de agroquímicos.

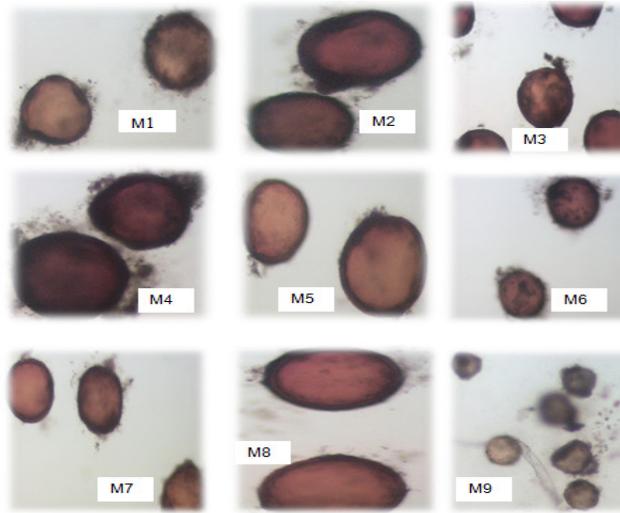


Figura 1: Morfotipos de tomatillo cultivado (TC), Objetivo 10 x.

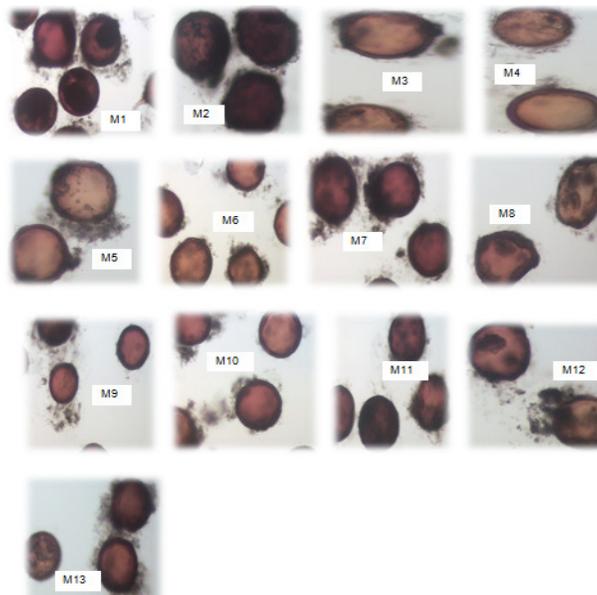


Figura 2. Morfotipos de tomatillo silvestre (TS), Objetivo 10 x.

Bibliografía

- Alarcón A, Ferrera-Cerrato R (2000) Ecología, Fisiología y Biotecnología de la Micorriza Arbuscular. Mundi Prensas de México. Pp 1-15.
- Bray R H & Kurtz L T. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. Soc. Am. 59:39-45, 1945.
- Carvalho LM, Correia PM, Ryel RJ, Martins-Loucao A, 2003. Spatial variability of arbuscular mycorrhizal fungal spores in two natural plants communities. Plant and Soil 251: 227e236.
- Cavagnaro. T.R. Gao L.L et al (2001) Morphology of arbuscular mycorrhizas is influenced by fungal identity. New Phytologist 151:469-475.
- Clapp JP, Helgason T, Daniell TJ, Young JPW, 1998. Genetic studies of structure and diversity of arbuscular mycorrhizal fungal communities. In: Varma A, Hock B (eds), Mycorrhiza Structure, Function Molecular Biology and Biotechnology, 2nd edn. Springer, New York, pp. 202e223.

- Cuenca G, De Andrade Z, Escalante G, 1998. Diversity of Glomalean spores from natural, disturbed and revegetated communities growing on nutrient-poor tropical soils. *Soil Biology & Biochemistry* 30: 711e719.
- Douds, D.D., Janke, R.R., Peters, S.E., 1993. VAM fungus spore populations and colonization of roots of maize and soybean under conventional and low-input sustainable agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 43, 325–335.
- Ewald Sieverding (1991) vesicular- Arbuscular Mycorrhiza Managemein Tropical Agrosystems, Eschborn,pág 20- 25, 57-70.
- Ferguson J.J and Menge A. 1982. Factors that affect production of endomycorrhizal inoculums. Florida Agricultural Experiment Stations Journal Series N° 4252. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 95:37-39.
- Gerderman, J., and T. Nicholson. 1963. Spores of mycorrhizal endogene species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society* 46:235-244.
- Harley, J.L., Smith, S.E., 1983. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, London.
- Hijri I, S_ykorov_a Z, Oehl F, Ineichen K, M€ader P, Wiemken A, Redecker D, 2006. Communities of arbuscular mycorrhizalfungi in arable soils are not necessarily low in diversity. *Molecular Ecology* 15: 2277e2289.
- Howeler, R.H. 1982. Response of cassava VA mycorrhizal inoculation and phosphorus application in greenhouse area field experiments. *Plant and soil.* 69:323-339.
- Khalil G.,A., V.M. Cetina A., D. Talavera M., R. Ferrera C., F. Rodríguez N. y M. Larqué S. 2000. Efecto de inoculación con endomicorriza arbuscular y dosis crecientes de fertilización fosfatada en el crecimiento de chapulixtle (*Dodonaea viscosa*). *Terra Latinoamericana* 18: 153-159.
- Kurle, J.E., Pflieger, F.L., 1994. Arbuscular mycorrhizal fungus spore populations respond to conversions between low-input and conventional management practices in a corn–soybean rotation. *Agronomy Journal* 86, 467–475.
- Limonard, T., Ruissen, M.A., 1989. The significance of VA-mycorrhiza to future arable farming in the Netherlands. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 95, 129–135.
- Lovelock C, Ewel JJ, 2005. Links between tree species, symbiotic fungal diversity and ecosystem functioning in simplified tropical ecosystems. *New Phytologist* 167: 219-228.
- Lovera M, Cuenca G, 2007. Diversidad de Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) y potencial micorrízico del suelo de una sabana natural y una sabana perturbada de la gran sabana Venezuela. *Interciencia* 32: 108e114.
- Masera O, Ordoñez MJ, Dirzo R, 1997. Carbon emissions from Mexican forests: current situation and long-term scenarios. *Climatic Change* 35: 265-295.
- Menge, J.A., Timmer, L.W., 1982. Procedure for Inoculation of Plants with vesiculararbuscular mycorrhizae in the laboratory, greenhouse, and field. In: Schenck, N.C. (Ed.), *Methods and Principles of Mycorrhizal Research*. The American Phytopathological Society, St. Paul, MN, pp. 59–68
- Oehl F, Sieverding E, Ineichen K, Mader P, Boller T, Wiemken A, 2003. Impact of land use intensity on species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystem of Central Europe. *Applied and Ambiental Microbiology* 69:2816-2824.
- Pérez, C.A.; Vertel, M.M. 2010. Evaluación de la colonización de micorrizas arbusculares en pasto *Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus. *Rev. MVZ Córdoba* 15(3):2165–2174. <http://www.unicordoba.edu.co/revistas/revistamvz/mvz-153/v15n3a4.pdf>.
- Portilla C., I., E. Molina G., G. Cruz F., I. Ortiz M. y G. G. B. Manske.1998. Colonización micorrízica arbuscular, actividad fosfatásica y longitud radical como respuesta a estrés de fosforo en trigo y triticale cultivados en un andisol. *Terra Latinoamericana* 16: 55-61.
- Primaves, Ana (1990): *Manejo ecológico do solo. A. agricultura em regides tropicais*. Sao Paulo: Livrasen Nevel S.A., p.164-197.
- Sylvia, D.M., Hammond, L.C., Bennett, J.M., Hass, J.H., Linda, S.B., 1993. Field response of maize to a VAM fungus and water management. *Agronomy Journal* 85, 193–198.
- Tchabi A, Coyne D, Hountondji F, Lawouin L, Wiemken A, Oehl F, 2008. Arbuscular mycorrhizal fungal communities in sub-Saharan Savannas of Benin, west Africa, as affected by agricultural land use intensity and ecological zone. *Mycorrhiza* 18: 181e195.
- Thompson I, Mackey B, McNulty S, Mosseler A, 2009. *Forest Resilience, Biodiversity, and Climate Change. A Synthesis of the Biodiversity/Resilience/Stability Relationship in Forest Ecosystems*. Technical Series no. 43. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal.
- Treseder KK, 2004. A meta-analysis of mycorrhizal responses to nitrogen, phosphorus and atmospheric CO2 in field studies. *New Phytologist* 164: 347-365.

POBLACIONES MICROBIANAS EN SUELOS ACONDICIONADOS CON BIOSÓLIDOS

Montiel-Elías, J. G.^{1*}; Corlay-Chee, L.¹; Robledo-Santoyo, E.¹

¹Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. México.

*jogme91@gmail.com; Carretera México-Texcoco Km. 38.5, Chapingo, Texcoco, Estado de México. México. CP 56230; Tel. +52(222)-494-8124

Resumen

La planta de tratamiento de aguas residuales “El Niágara” genera aproximadamente 150-170 m³ día⁻¹ de biosólidos que se aplican en parcelas aledañas a la planta, éstos son una fuente de Materia Orgánica (MO) y nutrimentos disponibles para los cultivos. Existe incertidumbre en el riesgo de contaminación por patógenos y la persistencia de poblaciones microbianas a través del tiempo. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de biosólidos en la población microbiana de tres parcelas con diferente tiempo de acondicionamiento, se analizaron nueve muestras; tres tratamientos (T1, 1 año; T2, 2 años; T3, 3 años) y tres repeticiones. La aplicación fue superior a 200 ton ha⁻¹ en cada ciclo de cultivo. Los resultados son datos promedio para todas las determinaciones. Se cuantificaron bacterias de acuerdo con la NOM-092-SSA1-1994, en donde la mayor concentración fue de 38884760 UFC gss⁻¹ para T1., en el mismo medio de cultivo se cuantificaron actinomicetos, la concentración fue de 3377347 UFC gss⁻¹ para T1., la cuantificación de hongos se realizó de acuerdo con la NOM-111-SSA1-1994, y su mayor concentración fue de 385979 UFC gss⁻¹ para T1. Se tomó como indicador de contaminación por patógenos a los CF, se determinó el NMP de CT y CF de acuerdo con la NOM-112-SSA1-1994, la mayor concentración de CT fue de 176784 UFC gss⁻¹ en T3, no se encontró contaminación por CF. El tratamiento de 1 año resulto de mayor concentración para bacterias, hongos y actinomicetos, el tratamiento de 3 años fue menor.

Palabras clave: Bacterias; hongos; actinomicetos; coliformes fecales

Introducción

Los procesos para el saneamiento de aguas de desecho producen partículas sólidas sedimentables y decantables, constituidas por minerales inertes y materiales orgánicos fermentables, sobre los que se absorben y adsorben sales minerales y algunos patógenos (bacterias, parásitos, etc.) que se encuentran en las aguas de desecho (Gamrasni, 1985). Estos materiales se separan del agua y forman un lodo biológicamente inestable (lodos residuales), con alto contenido de humedad. Cuando este lodo residual recibe un tratamiento físico, químico o biológico para estabilizarlo y reducir su potencial contaminante, se le denomina biosólidos (USEPA 1993; NOM-004-SEMARNAT-2002). El destino final es una preocupación ambientales en el mundo, la aplicación al suelo es una de las principales alternativas de su disposición (Singh y Agrawl, 2008). En algunas ciudades de México, el destino de los biosólidos es el confinamiento en rellenos sanitarios (Flores, 2003), mientras que en EU el 75 % de los biosólidos generados son aplicados en suelos agrícolas (Lindemann, 2004).

Merli *et al.*, (2009) los biosólidos son un importante proveedor de nutrientes a los suelos, y ese aporte de nutrientes puede dar lugar a mayores rendimientos de cultivos y pasturas, en función de las características del ambiente y del manejo agrícola. Actúan como un sustituto parcial de los fertilizantes y generalmente se encuentran respuestas positivas en la biomasa y rendimiento de los cultivos. Estas respuestas en rendimiento pueden ser semejantes a las encontradas con fertilizantes químicos y aun superiores. Por otro lado, son considerados mejoradores de las propiedades físicas

de los suelos, lo cual es evidente cuando se usan como enmienda en suelos degradados.

Acuña *et al.*, (2006) expresan que el número de UFC g⁻¹ es un indicador que refleja la población potencial de bacterias en un suelo. Las bacterias rizosféricas desempeñan funciones importantes (solubilización de fosfatos, fijación de nitrógeno y control biológico de patógenos), su función básica es la descomposición y mineralización de los residuos orgánicos, de donde obtienen su fuente energética y alimenticia. Mediante su metabolismo liberan al medio; enzimas, proteínas, reguladores de crecimiento, metabolitos y algunos nutrientes. Las bacterias fijadoras de nitrógeno (*Rhizobium*, *Frankia* y de vida libre) incorporan altas cantidades de nitrógeno.

La importancia de los actinomicetos dice Williams *et al.* (1984) está en que desempeñan un rol crucial en la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas naturales y agrícolas, debido al papel que cumplen en la descomposición de la materia orgánica, fijación de nitrógeno *Frankia sp.*, degradación de agroquímicos y el control biológico de plagas de plantas y animales. Al formar parte del sistema de descomposición de la materia orgánica, los actinomicetos pueden ser indicadores de fertilidad y servir como elemento de aproximación a la dinámica de un ecosistema, teniendo en cuenta que su funcionamiento, antes y después de un proceso de perturbación, está influenciado por las poblaciones microbianas edáficas (Kennedy & Smith 1995).

Bordjib *et al.*, (2001) mencionan que los hongos son responsables de la degradación de xenobióticos y contaminantes orgánicos introducidos en el suelo. Son conocidos dicen Acuña *et al.*, (2006) como descomponedores primarios, que mediante su metabolismo libera gran cantidad de enzimas capaces de destruir compuestos de estructuras complejas. Los hongos de tipo micorriza arbusculares (VAM), una vez que colonizan la raíz desarrollan un micelio externo que permite una mayor disponibilidad de nutrientes (fósforo y nitrógeno), protección frente a estreses bióticos y abióticos (Acuña *et al.*, 2006). Constituyen una parte importante de la cadena alimenticia dentro del suelo, especialmente en el caso de la mesofauna (Bonkowski *et al.*, 2000). El mantenimiento de la diversidad de hongos del suelo debería, por ende, beneficiar directamente la agricultura sustentable, mediante el suministro de nutrientes, una mejor estructura física del suelo y el control de antagonistas de los patógenos de las plantas en el suelo.

La disposición de los biosólidos dicen Quinchía y Carmona (2004) demanda un manejo muy cuidadoso por los riesgos ambientales, ya que en algunos casos, pueden representar ante la posibilidad de contener sustancias contaminantes provenientes de las aguas tratadas. Los Coliformes Fecales (CF) son microorganismos que habitan en tracto digestivo de animales de sangre caliente y sin ser patógenos, conviven con los que sí lo son, como *Escherichia coli* y *Salmonella* (Pelczar, 1989).

Es evidente que la aplicación de biosólidos en suelos agrícolas incrementa el contenido de materia orgánica, nutrimentos disponibles y poblaciones microbianas. Se piensa que el acondicionamiento de suelos con estos materiales incrementa la concentración y actividad de hongos, bacterias y actinomicetos. Estas poblaciones colonizan la rizosfera y proveen a los cultivos de compuestos orgánicos y elementos en forma disponible, que pueden elevar rendimientos en los sistemas de producción en México.

La finalidad del presente estudio es cuantificar las poblaciones de hongos, bacterias y actinomicetos., así como su persistencia en suelos con diferente tiempo de acondicionamiento. Otro aspecto importante del estudio es la determinación de CT y en especial de CF con la finalidad de erradicar la incertidumbre con respecto a la persistencia y contaminación por patógenos en el suelo.

Materiales y Métodos

Se realizó una colecta de muestra de suelo en la zona de influencia de la PTAR “El Niagara”, Aguascalientes, Ags. de acuerdo con la NOM-021-SEMARNAT-2000. Se eligieron tres parcelas de diferente tiempo de acondicionamiento con biosólidos; uno, dos y tres años, es decir, tres tratamientos (T1, 1 año; T2, 2 años; T3, 3 años), se decidió realizar tres repeticiones. La aplicación realizada fue de; 200, 200 y 400 ton ha⁻¹ en peso fresco, respectivamente. Las muestras se trasladaron al Laboratorio de Microbiología del Departamento de Suelos en la Universidad Autónoma Chapingo.

Se pesó 10 g de suelo húmedo en base de caja Petri, se colocó en una estufa a 105 °C por 24 h y se calculó el porcentaje de humedad. Se tomó 10 g de suelo y se realizaron seis diluciones decimales seriadas con solución salina isotónica estéril, de acuerdo con la NOM-110-SSA1-1994 (Fig. 1). Después, se determinó el NMP de CF, de acuerdo con la NOM-112-SSA1-1994. La cuantificación de UFC de Bacterias y Actinomicetos se realizó de acuerdo con la NOM-092-SSA1-1994, mientras que las UFC de Hongos se cuantificaron de acuerdo con la NOM-111-SSA1-1994. El análisis de los datos obtenidos se realizó con software SAS v9.0 para la obtención de varianza, correlación, y DMS.

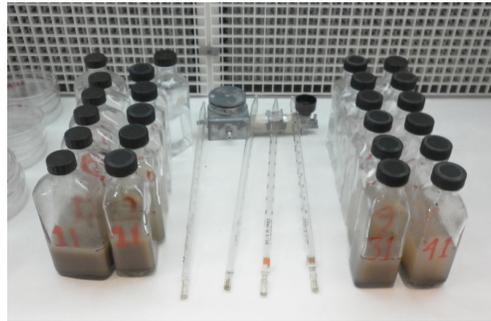


Figura 1. Preparación de seis diluciones seriadas con solución salina isotónica estéril

Resultados y Discusión

En el análisis microbiológico de las muestras de suelo no se encontró presencia significativa de CF, se asume que los suelos de los tres tratamientos, que han sido acondicionados con biosólidos no hay contaminación por CF. Los datos promedio de pH, % H, Hongos, Bacterias, Actinomicetos, CT y CF se presentan en la tabla (1). Es evidente que existe un incremento en el NMP gss⁻¹ de CT en el tercer año de acondicionamiento con estos materiales con respecto al primero. Situación que no ocurre en las UFC de Hongos, Bacterias y Actinomicetos, en donde existe un decremento en las poblaciones en el tercer año, con respecto al primer año de acondicionamiento con biosólidos. El análisis estadístico aún se encuentra en proceso.

Tabla 1. Promedio de datos obtenidos en análisis microbiológico.

Tratamiento años	pH	% H	Hongos UFC gss-1	Bacterias UFC gss-1	Actinomicetos UFC gss-1	CT NMP gss-1	CF NMP gss-1
1	6.0	0.29	385979	38884760	3377347	2754	< 10
2	6.5	0.15	36139	1725884	1409808	3657	0
3	7.2	0.14	23378	4203046	899467	17678	0

En un análisis estadístico preliminar (regresión lineal) se observa que la variable dosis de

aplicación, 400 t ha^{-1} , en el tratamiento 3 para CT, así como el contenido de humedad en el suelo para hongos, bacterias y actinomicetos influyen significativamente ($p < 0.05$).

En la tabla 1 se presentan los valores promedio de pH para cada tratamiento. Estos fueron de 6.0 para T1, 6.5 para T2 y 7.2 para T3. La influencia del pH del medio puede ir desde su efecto sobre la expresión de genes y regulación del transporte de protones, la degradación de los aminoácidos, la adaptación a condiciones ácidas o básicas y la virulencia (Fuccz *et al.*, 2007). A un pH mayor de 6.0 las células bacterianas ajustan su pH interno a través de la respuesta homeostática modulando la actividad de las bombas de protones (Carrillo, 2000).

Con base en lo anterior se puede explicar que el T1 haya presentado una mayor concentración de UFC gss^{-1} de hongos, bacterias y actinomicetos, con respecto T2 y T3. Se observó que la concentración de UFC gss^{-1} disminuye conforme incrementan los valores de pH.

La concentración promedio de CT fue menor para T1, con $2754 \text{ NMP gss}^{-1}$. Bouma *et al.* (1981) en estudios de campo para evaluar el desplazamiento de los contaminantes en la zona de zanjas de infiltración para efluentes de tanques sépticos, encontraron que en la primera capa de 30 cm del suelo comenzaban a aparecer actinomicetos, los cuales aumentan en la medida que incrementa la profundidad de dicha capa. Estos organismos producen antibióticos y contribuyen así al decrecimiento de las bacterias entéricas. Se cree que la concentración de actinomicetos del T1, $3377347 \text{ UFC gss}^{-1}$, siendo la mayor respuesta en los tres tratamientos, inhibió el desarrollo y persistencia de estos microorganismos en T1. Fuccz *et al.*, (2007) dicen que generalmente los microorganismos requieren condiciones mínimas de humedad para su crecimiento.

El agua forma parte del protoplasma bacteriano y sirve como medio de transporte a través del cual los compuestos orgánicos y nutrientes son movilizados hasta el interior de las células. Un exceso de humedad inhibe el crecimiento bacteriano al reducir la concentración de oxígeno en el suelo (Arroyo y Quesada, 1998), lo anterior explica el comportamiento de la disminución de NMP gss^{-1} en los tratamientos conforme la humedad del suelo fue más alta. Debido a estos dos motivos, en los tres tratamientos los CT se comportan de manera contraria a los actinomicetos.

Conclusiones

La parcela que ha sido acondicionada por un año presentó una mayor concentración promedio de bacterias, hongos y actinomicetos. En parcelas de tres años de acondicionamiento se encontró menor concentración promedio de hongos y actinomicetos, a excepción de bacterias, en donde la parcela de dos años de acondicionamiento presentó menor concentración. No se encontró contaminación por CF.

Agradecimientos

A la contribución del personal académico y técnico del Laboratorio de Microbiología y Análisis Químico del Departamento de Suelos en la UACH, en la elaboración del presente trabajo.

Bibliografía

- Acuña, O., W. Peña, E. Serrano, L. Pocasangre, F. Rosales, E. Delgado, J. Trejos y A. Segura. 2006. La Importancia de los microorganismos en la calidad y salud de Suelos. XVII Reunión Internacional da Associação para a Cooperação nas Pesquisas sobre Banana no Caribe e na América Tropical. Brasil p. 223-225.
- Arroyo, M. y R. Quesada. 1998. Aplicación de sistemas de bioremediación de suelos y agua contaminada por hidrocarburos. GEOCISA. División ambiental de suelos, 9 pp.
- Bonkowski, M., B. Griffith, S. y K. Ritz. 2000. 'Food preference of earthworms for soil fungi', *Pedobiologia*, vol. 44, pp. 666–676.
- Bordjiba, O., R. Steiman., M. Kadri., A. Semadi y P. Guiraud. 2001. 'Removal of herbicides from liquid media by fungi isolated from a contaminated soil', *Journal of Environmental Quality*, vol. 30, pp. 418–426.
- Boüma, J., J. Converse, C. y F. Magdoff, R. 1981. A mound system for disposal of septic tank effluent in shallow soils over creviced bedrock. In: *Proceedings of the International Conference on Land for Waste Management*; Agricultural Institute of Canada, Ottawa, Canada.

- Carrillo, L. 2000. Vida y muerte de los microorganismos. Microbiología agrícola. Capítulo 2. Universidad de Sata. España; 1-23.J
- Flores, M.J.P. 2003. Manejo y Biodegradación de biosólidos aplicados a la agricultura. In: Memoria de la XV semana internacional de agronomía de la Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Venecia, Dgo. P.52-59.
- Fuccz, G.J., R. Gomez M., M. Cárdenas G. y C. Campos P. 2007. Comportamiento de coliformes fecales como indicadores bacterianos de contaminación fecal en diferentes mezclas de biosólido y estériles utilizados para la restauración. Universitas Scientiarum, enero-junio, año/vol. 12, número especial 2.
- Gamrasni, M. A. 1985. Aprovechamiento agrícola de aguas negras urbanas. Editorial Limusa. México.
- Kennedy, A. y K. Smith. 1995. Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils. Plant Soil 170: 75-86.
- Lindemann, W.C. 2004. Mineralización del nitrógeno a partir de materia orgánica en el norte del desierto de Chihuahua. XXXII Congreso nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, León, Gto.
- Merli, G.F., N.O. Riociuti, y R.E. Rodríguez. 2009. Microbiología de las aguas residuales – Aplicación de biosólidos al suelo. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad regional bahía Blanca UTN.
- NOM-004-SEMARNAT-2002. Protección ambiental. Lodos y biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. Diario Oficial de la Federación. México. (Publicada el 13 de agosto de 2003).
- NOM-110-SSA1-1994. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis Microbiológico. (Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de Mayo de 1995).
- NOM-111-SSA1-1994. Método para la cuenta de Mohos y Levaduras en alimentos. (Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de Mayo de 1995).
- NOM-112-SSA1-1994. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable. (Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de Mayo de 1995).
- NOM-021-SEMARNAT-2000. Que establece las especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos, Estudio, Muestreo y Análisis. (Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de Abril de 2003).
- NOM-092-SSA1-1994. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. (Publicada en el Diario Oficial de la federación el 12 de Diciembre de 1995).
- Pelczar, J.M.J. 1989. Microbiología 4ª Edición (Segunda edición en español) McGraw-Hill USA.
- Quinchía, A.M. y D.M. Carmona. 2004. Factibilidad de deposición de los biosólidos generados en un planta de tratamiento de aguas residuales combinada. Revista EIA, Número 2 p. 89-108. Medellín Colombia.
- Singh y Agrawl, 2008. Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. Waste Management 28: 347-358.
- USEPA, 1993. Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge (40 Code of Federal Regulations Part 503). Washington D. C., U. S. Environmental Protection Agency.
- USEPA, 1999. Biosolids generation, use, and disposal in the United States. EPA530-R-99-009.
- Williams, S.T., S. Lanning y E. Wellington. 1984. Ecology of Actinomycetes, p. 45-53, In M. Goodfellow., M. Mordarski & S.T. Williams. The biology of the Actinomycetes. Academic Press. Londres, Inglaterra.

ACTINOMICETOS DEL SUELO PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DEL HONGO FITOPATOGENO *Fusarium Solani*

Quiñones Aguilar, E. E.^{1*}; Qui Zapata, J. A.¹; Rincón Enríquez, G.¹; Evangelista Martínez, Z.¹; López Pérez, L.²; Palacios Arriaga, A. H.¹

¹Biotecnología Vegetal y Unidad Sureste, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. Guadalajara, Jalisco México.

²Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Tarímbaro, Michoacán, México.

*Correspondencia: eqaguilar08@gmail.com; Normalistas No. 800, Colonia Colinas de la Normal. Guadalajara, Jalisco México. CP 44270. Tel. +52 (33) 33455200 Ext. 1703.

Resumen

Los actinomicetos o actinobacterias son microorganismos de importancia en la industria y en la agricultura debido a la gran cantidad de compuestos antimicrobianos que producen, característica que los hace excelentes candidatos para su empleo como agentes de control biológico de microorganismos fitopatógenos. *Fusarium solani* es un hongo fitopatógeno que afecta a diversos cultivos de importancia agrícola como, chile, jitomate, papa, cacahuete, soya y frijol entre otros. El control de enfermedades que afectan a los cultivos de importancia económica requiere del empleo de una gran cantidad de pesticidas cuyo uso continuo conlleva hacia problemas tanto ambientales como de salud pública. Esta situación necesita del desarrollo de nuevas tecnologías que contribuyan al menor uso de agroquímicos para aumentar la producción agrícola y disminuir el impacto ambiental. Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo consistió en aislar, seleccionar y evaluar actinomicetos con potencial actividad antimicrobiana para el control de *F. solani*, el aislamiento de actinomicetos se realizó a partir de suelos agrícolas, obteniéndose más de 80 potenciales cepas morfológicamente diferentes, que se confrontaron contra *F. solani*. Se estableció un experimento *in vitro*, empleando un diseño completamente al azar con un total de 81 tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. Como variable de respuesta se evaluó el área de inhibición del crecimiento de *F. solani* (AIFS) por efecto de las distintas cepas de actinomicetos. El análisis de varianza del AIFS mostró diferencias significativas entre los aislamientos evaluados, encontrándose que diversas cepas mostraron actividad inhibitoria, resultado que sugiere que es posible su uso como agentes para el control biológico de *F. solani*.

Palabras clave: actinobacterias; control biológico; actividad antimicrobiana; antibiosis

Introducción

Los actinomicetos, también conocidos como actinobacterias representan a un grupo ubicuo de microorganismos ampliamente distribuidos en los ecosistemas naturales en todo el mundo y particularmente importantes debido a su papel en el reciclaje de la materia orgánica, dicho grupo microbiano ha recibido considerable atención tanto de la industria como de los laboratorios académicos, debido a que son fuente importante de metabolitos secundarios bioactivos de utilidad para el hombre (Srinivasan *et al.*, 1991). Un ejemplo son los antibióticos, sustancias de utilidad en medicina y en agricultura para el control de enfermedades ocasionadas por microorganismos patógenos. Diversos trabajos han mostrado la capacidad de los actinomicetos en el control de agentes microbianos causantes de enfermedades que afectan a especies vegetales de importancia

económica (Zhao *et al.*, 2012; Fróes *et al.*, 2012). El género *Fusarium* abarca a un grupo importante de hongos fitopatógenos que afectan a diversos cultivos agrícolas siendo algunos de ellos agentes causales de enfermedades que traen como consecuencia grandes pérdidas económicas a los agricultores, como es el caso de *Fusarium oxysporum*, hongo que afecta al agave tequilero (Qui-Zapata *et al.*, 2011) y al jitomate (Kistler, 1997). El hongo fitopatógeno *F. solani* afecta a diversos cultivos agrícolas, citándose frijol, soya, jitomate, chile, cacahuete, papa, arroz, haba, maracuyá etc. Si bien este patógeno no es el principal responsable de las enfermedades más devastadoras que afectan a algunos de estos cultivos, su participación en algunos casos puede ser importante ya que suele encontrarse en asociación con otros hongos patógenos como parte de un complejo ocasionando marchitez y pudriciones de tallos y raíces.

El uso de pesticidas para el control de enfermedades cada día es mayor, situación que provoca contaminación ambiental, es por eso que en la actualidad la producción de alimentos para consumo humano ha ido evolucionando hacia un sistema productivo con menor impacto sobre el ambiente, por medio del desarrollo de sistemas de cultivo sustentables cada vez menos dependientes del uso de agroquímicos para el control de las enfermedades que afectan a la producción agrícola. Las investigaciones sobre la utilización de organismos benéficos que protejan contra las enfermedades ha tenido un crecimiento acelerado en los últimos años, debido a las restricciones cada vez mayores que existen con respecto al uso de fungicidas químicos, cuya aplicación y fabricación generan contaminación. Es por ello que el control biológico de enfermedades de tipo fúngico empleando bacterias del suelo, puede ser una alternativa al uso de agroquímicos (Rahman *et al.*, 2007; Li *et al.*, 2008; Talubnak y Soyong, 2010). El suelo es fuente importante de microorganismos tanto patógenos como benéficos y bajo la premisa de que puede contener una gran cantidad de cepas de actinomicetos con actividad antimicrobiana contra fitopatógenos de diversos géneros, el presente trabajo tuvo como objetivo aislar y seleccionar actinomicetos con actividad inhibitoria del crecimiento de *Fusarium solani in vitro*.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el Laboratorio de la Unidad de Biotecnología Vegetal del centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del estado de Jalisco (CIATEJ). El hongo fitopatógeno *Fusarium solani* aislado de plantas enfermas de chile del estado de Guanajuato y patógeno de este hospedero fue proporcionado por el Dr. Raúl Rodríguez Guerra, Investigador en Biotecnología en el Instituto nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), campo Experimental Terán ubicado en Nuevo León México.

Aislamiento y purificación de actinomicetos del suelo

El aislamiento de actinomicetos se realizó a partir de tres suelos agrícolas, por medio de la técnica de diluciones decimales seriales y siembra en placa de agar. La primera dilución de cada muestra de suelo, se realizó con el equivalente a 10 g de suelo seco en 90 mL de agua destilada previamente esterilizada (dilución 10^{-1}), posteriormente, en un tubo de vidrio conteniendo 9 mL de agua se adicionó 1 mL de la primera dilución y así sucesivamente hasta tener la dilución 10^{-5} .

Las diluciones 10^{-2} - 10^{-5} , se sembraron en cajas Petri conteniendo como medios de aislamiento papa dextrosa agar (PDA-DIFCO) y agar nutritivo (AN-FLUKA) ambos a un pH de 8.5. El crecimiento de actinomicetos se empezó a detectar una semana después de la siembra, obteniéndose un total de 119 potenciales cepas, es decir aquellas colonias que presentaban una morfología típica de este grupo microbiano; colonias correosas, pulverulentas, con micelio muy fino y aferradas firmemente al medio de cultivo (Figura 1). La etapa de purificación consistió en hacer al menos tres resiembras de las colonias aisladas.



Figura 1. Colonias de actinomicetos aislados a partir de suelos agrícolas

Confrontación *in vitro* de los actinomicetos aislados contra *Fusarium solani*

La actividad inhibitoria de los actinomicetos contra *Fusarium solani*, se determinó *in vitro* por medio de un experimento de confrontación directa. Se emplearon 80 cepas aisladas (ABV01-ABV80) ya que se descartaron todas aquellas que se consideraban repetidas o que durante las etapas de purificación presentaron morfología típica de bacterias unicelulares o de hongos filamentosos. El experimento permaneció durante diez días en incubación a 26 °C y este se evaluó cuando las placas conteniendo al patógeno (control) presentaban un crecimiento radial cubriendo completamente al medio de cultivo.

Determinación del área de inhibición de *Fusarium Solani*

La variable de respuesta evaluada fue el área de inhibición de *F. solani* (AIFS) por efecto de los distintos actinomicetos, ésta se determinó por medio de mediciones del área de crecimiento o de inhibición del patógeno directamente en la base de las cajas de cultivo, empleando un vernier digital y realizando cálculos básicos (Figura 2). Con los datos obtenidos, se estimaron los porcentajes de inhibición con respecto al crecimiento radial total del fitopatógeno control (*F. Solani* en solitario).

Diseño experimental y análisis estadístico

El experimento se estableció mediante un diseño completamente al azar con 81 tratamientos (cada cepa de actinomiceto confrontada con *F. solani*) y un tratamiento testigo comprendiendo únicamente al hongo fitopatógeno. Cada tratamiento fue repetido tres veces. Con los datos obtenidos del AIFS se realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación múltiple de medias Tukey a un nivel de significancia de $P \leq 0.05$ mediante el software estadístico Statgraphics (2005).

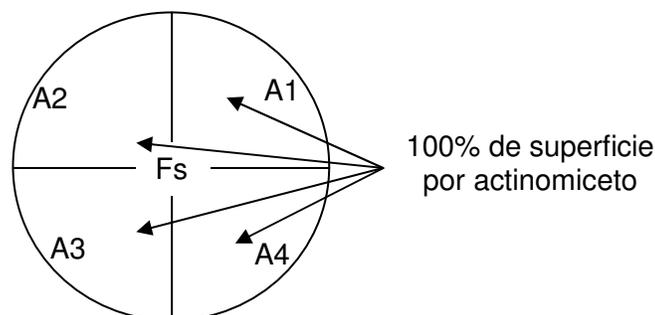


Figura 2. Representación gráfica para la cuantificación del área de inhibición *in vitro* de actinomicetos sobre el hongo fitopatógeno *F. solani* (Fs). El inoculo de Fs se colocó en el centro de la caja Petri, en cada extremo de los cuatro lados se colocó la colonia de un actinomiceto (A). El 100% de inhibición representa no crecimiento de Fs en un cuarto de la caja Petri.

Resultados y Discusión

Actividad inhibitoria de actinomicetos sobre *Fusarium solani*.

Fusarium solani es un hongo fitopatógeno que afecta a diversas especies vegetales, entre ellos chile, jitomate, papa, cacahuete, frijol y soya, entre otros. En la Figura 2 se muestran las cepas aisladas que presentaron algún grado de inhibición del crecimiento de *F. solani*. El análisis de varianza del AIFS mostró diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre los aislamientos evaluados, encontrándose que diversas cepas mostraron actividad inhibitoria, siendo total en algunos casos ya que no permitieron el crecimiento del patógeno. De los 80 aislamientos probados, 52 presentaron inhibición del hongo fitopatógeno. En rojo se muestran las cepas que mejor funcionaron y corresponden a los aislamientos ABV49, ABV65, ABV37 y ABV45 respectivamente. Las imágenes de la Figura 4 ilustran el efecto inhibitorio de los aislamientos ABV45 (A) y ABV65 (B). Cabe mencionar que aunque estas cepas fueron las mejores de acuerdo al análisis estadístico (grupo a), al menos 49 cepas presentaron inhibición por arriba del 50%. Estos resultados muestran que la búsqueda de microorganismos del suelo con actividad antimicrobiana contra fitopatógenos originarios del suelo, como el caso de los hongos del género *Fusarium*, puede ser una alternativa viable para la elaboración de formulaciones que puedan ser empleadas como agentes de control biológico de enfermedades que afectan a diversos cultivos de importancia económica en agricultura. Los actinomicetos, también conocidos como actinobacterias son un grupo microbiano bastante interesante desde diversos enfoques ya que pueden ser empleados en medicina, industria y agricultura, ante esto es importante resaltar que la mayoría de los antibióticos conocidos han sido aislados a partir de actinomicetos (Madigan *et al.*, 2009), característica que los hace candidatos para ser empleados como agentes de biocontrol de microorganismos fitopatógenos tanto hongos como bacterias, ya que además de antibióticos pueden presentar otros mecanismos de acción, incluso algunas cepas han sido evaluadas como promotores de crecimiento vegetal, colocándose algunas como rizobacterias de tipo PGPR (del inglés, Plant Growth Promoting Rhizobacteria) (Franco-Correa, 2009). Existen diversos trabajos que muestran control biológico de fitopatógenos mediante actinomicetos, por ejemplo Zhao *et al.* (2012) mostraron que una cepa del actinomiceto identificado como *Streptomyces bikiniensis*, controló al hongo fitopatógeno *Fusarium oxysporum* f. sp. cucumerinum, agente causal de la marchitez del pepino, por medio de mecanismos tanto directos como indirectos, inhibiendo la germinación de conidios, destruyendo paredes celulares del hongo, además de inducir resistencia de la planta a la enfermedad. Por otro lado Fróes *et al.* (2012), aislaron y seleccionaron cepas quitinolíticas de *Streptomyces* con capacidad para inhibir *in vitro* el crecimiento de *Sclerotinia sclerotiorum* por medio de la producción de cuatro enzimas hidrolíticas implicadas en la degradación de la pared celular del hongo, colocando a la cepa de *Streptomyces* sp 80 como un agente prometedor de biocontrol de *S. sclerotiorum*, hongo cosmopolita que ataca a cultivos de importancia económica como soya, frijol, lechuga, tomate y coliflor.

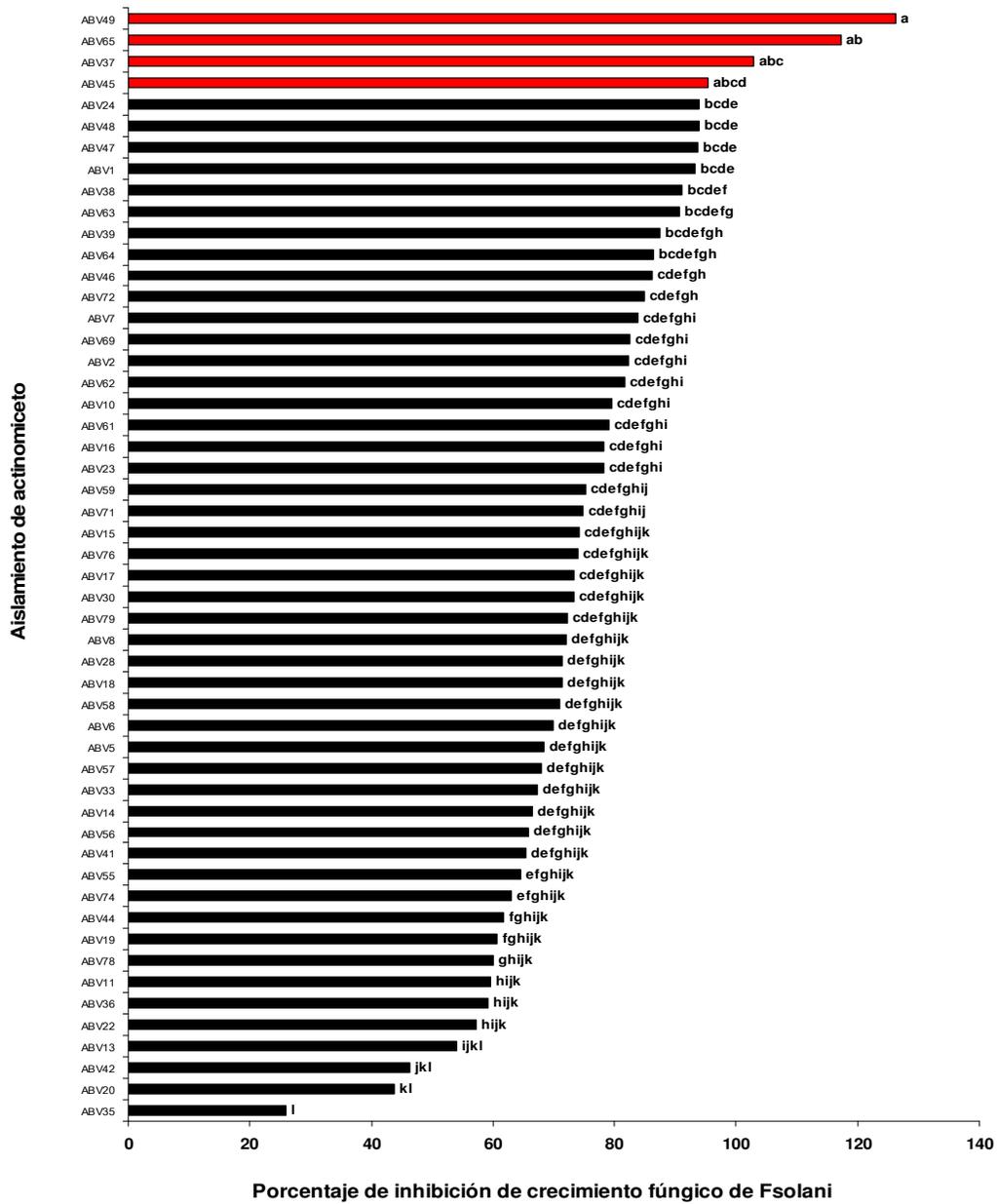


Figura 3. Actividad inhibitoria de aislamientos de actinomicetos sobre el crecimiento de *Fusarium solani* bajo condiciones *in vitro*. Letras distintas indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba Tukey ($P \leq 0.05$).

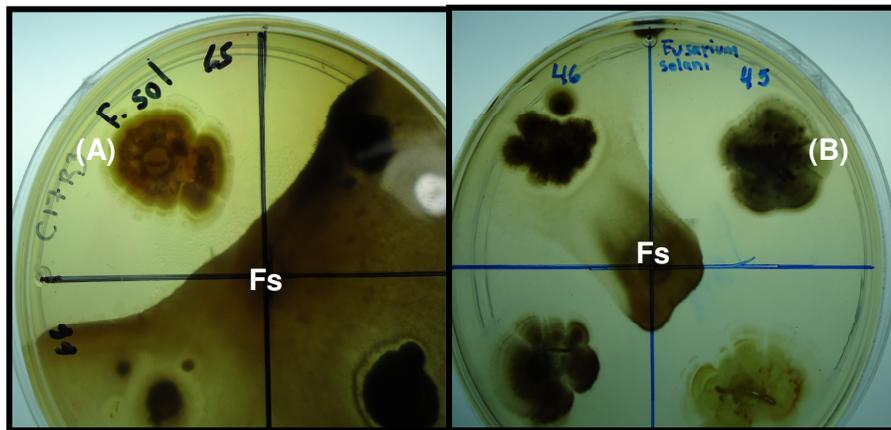


Figura 4. Actividad inhibitoria de los aislamiento ABV65 (A) y ABV45 (B) de actinomicetos sobre el crecimiento de *Fusarium solani* (Fs) en condiciones *in vitro*.

Conclusiones

Los resultados indican el posible uso de algunas cepas de actinomicetos (ABV65, ABV45) como agentes de control biológico de *F. solani*. Por lo que una segunda parte de este trabajo consiste en la evaluación del control del fitopatógeno en planta bajo distintos tratamientos y la identificación de las cepas más eficientes.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó con el apoyo del proyecto AGS-2011-03-181930 del FOMIX-Gobierno del estado de Aguascalientes-CONACYT.

Bibliografía

- Franco-Correa, M. 2009. Utilización de los actinomicetos en procesos de biofertilización. *Rev. Peru. Biol.* 16: 239–242.
- Fróes A, A. Macrae, J. Rosa et al., "Selection of a *Streptomyces* strain able to produce cell wall degrading enzymes and active against *Sclerotinia sclerotiorum*," *Journal of Microbiology*, vol. 50, no. 5, pp. 798–806, 2012.
- Kistler HC (1997) Genetic diversity in the plant-pathogenic fungus *Fusarium oxysporum*. *Phytopatology* 87:474-479.
- Li JG, Jiang ZQ, Xu LP, Sun FF & Guo JH (2008). Characterization of chitinase secreted by *Bacillus cereus* strain CH2 and evaluation of its efficacy against *Verticillium cereus* wilt of eggplant. *Biocontrol* 53: 931-944
- Madigan M.T., Martinko, J.M. y Parker, J. (2009). Brock: Biology of the microorganisms. 12th ed. Prentice-Hall International Inc., New Jersey.
- Qui-Zapata J., G. Rincón-Enríquez, J. M. Rodríguez-Domínguez, A. Gutiérrez-Mora, P. Dupré y A. G. García-Vera. 2011. Pruebas de patogenicidad *in vitro* e *in planta* de cepas patógenicas de *Fusarium oxysporum* asociadas a la marchitez del agave (*Agave tequilana* Weber var. azul) (Presentación Oral). In: XIII Congreso Internacional /XXXVIII Congreso Nacional de Fitopatología. Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C. 24-28 de Julio del 2011, Tlaxcala, Tlaxcala, México.
- Rahman MA, Kadir J, Mahmud TMM, Rahman A and Begum MM. 2007. Screening of antagonistic bacteria for biocontrol activities on *Colletotrichum gloeosporioides* in papaya. *Asian J. Plant Sci.* 6:12-20.
- Srinivasan, M. C., Laxman, R. S., and Deshpande, M. V. (1991). Physiology and nutritional aspects of actinomycetes: An overview, *World J. Microbiol. Biotechnol.* 7(2), 171–184.
- Statgraphics. 2005. StatGraphics centurion: ver. XV (User manual). StatPoint, Inc. USA.
- Talubnak C and Soyong K 2010. Biological control of vanilla anthracnose using *Emericella nidulans*. *J. Agr. Tech.* 6: 47-55.
- Zhao SH, Du CM, Tian CY (2012) Suppression of *Fusarium oxysporum* and induced resistance of plants involved in the biocontrol

ACTIVIDAD INHIBITORIA DE ACTINOBACTERIAS DEL SUELO PARA EL BIOCONTROL DEL AGENTE CAUSAL DEL TIZON DE HALO EN FRIJOL

Quiñones Aguilar, E. E.^{1*}; Rincón Enríquez, G.^{1*}; Qui Zapata, J. A.¹

¹Biotecnología Vegetal, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. Guadalajara, Jalisco México.

*Correspondencia: eqaguilar08@gmail.com; grincone@gmail.com; Normalistas No. 800, Colonia Colinas de la Normal. Guadalajara, Jalisco México. CP 44270. Tel. +52 (33) 33455200 Ext. 1730 / 1703.

Resumen

El desarrollo de inoculantes a base de microorganismos del suelo para su utilización como agentes de control biológico y/o de bioprotección contra fitopatógenos, es una estrategia que podría contribuir a disminuir el uso de agroquímicos, en particular en el control de enfermedades causadas por bacterias fitopatógenas como *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* (Psph) agente causal del tizón de halo en frijol. El objetivo de este estudio consistió en aislar, purificar y seleccionar actinobacterias con potencial actividad antimicrobiana contra Psph. A partir de suelos agrícolas, se aislaron y purificaron actinobacterias sobre medio PDA (pH 8.5). Se obtuvieron cerca de 117 potenciales aislamientos de actinobacterias diferentes morfológicamente, la mayoría presentó secreción de metabolitos al medio de cultivo. Para estimar el potencial de los aislamientos como agentes de antagonismo, se evaluó su actividad antibacteriana *in vitro* por medio de ensayos de confrontación directa contra la cepa 1448A de Psph sobre medio de cultivo PDA (pH 7). El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar, con un total de 81 tratamientos (80 aislamientos de actinobacterias confrontadas con Psph y un testigo comprendiendo únicamente a la bacteria fitopatógena), con tres repeticiones. La variable de respuesta evaluada fue el área de inhibición del crecimiento de *Pseudomonas syringae* (AIPS) mediante una escala ordinal de inhibición. El análisis estadístico mediante Kruskal-Wallis del AIPS presentó diferencias significativas entre los aislamientos de actinobacterias, indicando actividad antibacteriana, los resultados sugieren el potencial uso de actinobacterias como agentes de control biológico del tizón del halo del frijol provocado por Psph.

Palabras clave: Phaseolus vulgaris; Pseudomonas syringae PV; Phaseolicola; antagonismo in vitro

Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) ocupa el segundo lugar por superficie cultivada en México. La mayor importancia radica en el papel que juega en la economía agrícola y como fuente vital de proteínas para una amplia población mexicana. Sin embargo, a pesar de ser un producto necesario, la producción de frijol en México es sensible a las condiciones agro-ambientales, a problemas fitosanitarios y al desarrollo y transferencia de tecnología (SDR, 2007). En el caso particular del frijol producido en condiciones de temporal una de las enfermedades que se presenta con mayor frecuencia es el tizón del halo (Campos, 1987) provocado por *Pseudomonas syringae* pv *phaseolicola* (Psph). Esta enfermedad ocurre con mayor frecuencia en regiones con clima templado y periodos de lluvias definidos y abundantes, como por ejemplo en los estados de Aguascalientes, Zacatecas, Durango, Chihuahua, Sinaloa, San Luis Potosí, Morelos, Veracruz, Querétaro, Hidalgo y el Estado de México (Navarrete y Acosta-Gallegos, 2000). Por ejemplo, en Michigan, Estados Unidos fue estimada una pérdida del 23 al 43% en rendimiento por efecto del tizón de halo (Schwartz, 1989). A pesar de estos problemas crónicos del frijol en México, mismos que conllevan a rendimientos bajos e inestables, podrían en parte solucionarse con apoyo sostenido a la investigación y al desarrollo y

transferencia de tecnologías. En este sentido el desarrollo de tecnologías empleando herramientas biotecnológicas, podría contribuir al diseño de nuevas estrategias de control biológico de enfermedades que afectan a los cultivos y que afectan directamente a los productores agrícolas, reduciendo las pérdidas económicas de estos y a la vez disminuyendo el impacto ambiental. En general el control biológico de enfermedades en plantas se refiere al uso de organismos o sus productos para el combate de problemas fitosanitarios provocados principalmente por bacterias, hongos y nematodos. De esta forma, las actinobacterias o actinomicetos por la gran diversidad de antibióticos y otros metabolitos bioactivos que producen, representan un grupo de microorganismos muy prometedor para ser empleados como agentes de control de microorganismos fitopatógenos, con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo consistió en evaluar la actividad inhibitoria de actinomicetos aislados de suelos agrícolas contra el agente causal del tizón de halo en frijol.

Materiales y Métodos

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de la Unidad de Biotecnología Vegetal del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del estado de Jalisco (CIATEJ). La cepa de la bacteria fitopatógena empleada en las pruebas de antagonismo microbiano fue *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* 1448A (Psph).

Aislamiento de actinobacterias del suelo

El aislamiento de actinobacterias se realizó a partir de tres suelos agrícolas, por medio de la técnica de diluciones decimales seriales y siembra en placa de agar. La primera dilución de cada muestra de suelo, se realizó con el equivalente a 10 g de suelo seco en 90 mL de agua destilada estéril (dilución 10^{-1}), posteriormente se continuó realizando diluciones decimales, hasta la obtención de la dilución 10^{-5} . Las diluciones 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} y 10^{-5} , se sembraron en cajas Petri conteniendo como medios de aislamiento Papa Dextrosa Agar (PDA-DIFCO) y Agar Nutritivo (AN-FLUKA) a un pH 8.5. El crecimiento de actinobacterias se empezó a detectar una semana después de la siembra, obteniéndose un total de 119 potenciales cepas, es decir aquellas colonias que presentaban una morfología típica de este grupo microbiano; colonias correosas, pulverulentas, con micelio muy fino y aferradas firmemente al medio de cultivo (Figura 1). La etapa de purificación consistió en hacer al menos tres resiembras de cada colonia aislada.

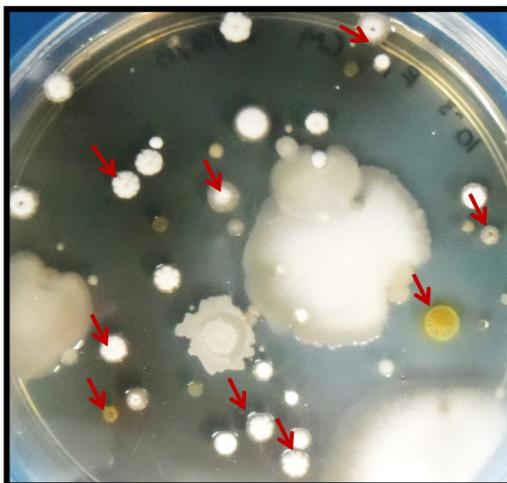


Figura 1. Colonias típicas de algunas cepas de actinobacterias que fueron aisladas a partir de suelos agrícolas. Colonias de actinobacterias señaladas con flechas rojas.

Confrontación in vitro de actinobacterias contra Pseudomonas syringae pv. phaseolicola

La actividad inhibitoria de las actinobacterias contra *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*, se

determinó *in vitro* por medio de un experimento de confrontación directa. De los 119 aislamientos, se descartaron todas aquellas cepas que durante las etapas de purificación presentaron morfología de otro tipo de microorganismo y solo se emplearon 80 potenciales actinobacterias (ABV01-ABV80), confrontadas con Psph y un testigo comprendiendo únicamente a la bacteria fitopatógena. El experimento permaneció durante ocho días en incubación a 26°C y la inhibición de Psph se evaluó cuando las placas control, conteniendo únicamente al fitopatógeno presentaban un crecimiento total sobre la superficie inicialmente inoculada sobre en el medio de cultivo.

Determinación del área de inhibición de Psph

La variable de respuesta evaluada fue el área de inhibición de Psph (AIPS) por efecto de las distintas cepas de actinobacterias y de acuerdo a la escala ordinal propuesta en la Figura 2.

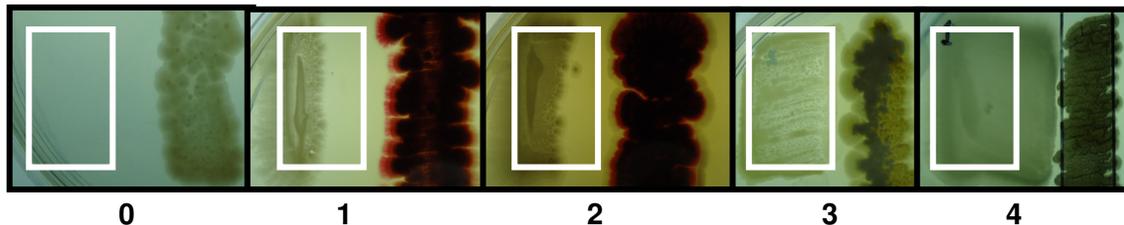


Figura 2. Escala ordinal de la inhibición del crecimiento bacteriano por efecto de las actinobacterias. Inhibición: 0, 1, 2, 3 y 4 = 0, $\leq 25\%$, $\leq 50\%$, $\leq 100\%$ y $> 100\%$ respectivamente del crecimiento bacteriano del total sembrado (en rectángulo delineado en blanco dentro de cada figura con un valor de la escala).

Diseño experimental y análisis estadístico

El experimento se estableció empleando un diseño completamente al azar con un total de 81 tratamientos (cada cepa de actinomiceto confrontada con Psph) y un tratamiento testigo comprendiendo únicamente a la bacteria fitopatógena. Cada tratamiento fue repetido tres veces. Con los datos obtenidos del AIPS se realizó un análisis mediante una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis e intervalos de confianza al 95% de la mediana.

Resultados y Discusión

El análisis de varianza no paramétrico Kruskal-Wallis, mostró diferencias estadísticas altamente significativas (0.01) entre aislamientos de actinobacterias para la variable AIPS. Estos resultados indican que varias de las cepas de actinobacterias evaluadas podrían ser utilizadas en el desarrollo de productos ya sea inoculantes a base de estos microorganismos o derivados de estos (metabolitos secretados por la distintas cepas) para el control de la bacteria fitopatógena Psph. Varias de las cepas evaluadas inhibieron completamente el crecimiento bacteriano, por ejemplo, la cepa ABV79, marcada como 0 en la escala ordinal de inhibición (Figura 2), constituye un ejemplo de inhibición total por parte de la actinobacteria. Otras cepas que mostraron inhibición total del crecimiento de Psph fueron ABV07, ABV53, ABV55, ABV65 (Figura 3). La utilización de actinobacterias como agentes de control biológico ha sido efectivo, incluso existen algunos productos como ACTINOVATE®, comercializados como biofungicidas y elaborados a base de esporas de actinobacterias, principalmente del género *Streptomyces*. Este tipo de productos han sido efectivos contra diversos fitopatógenos que causan enfermedades en cultivos de importancia comercial como chile, fresa, uva, gerbera, jitomate y algunas especies de la familia *Cucurbitaceae* entre otros. Por otro lado diversos trabajos de investigación científica han mostrado que los actinomicetos o actinobacterias son promisorios agentes de control biológico tanto de hongos como de bacterias fitopatógenas. Varios estudios han informado acerca de los efectos de antagonismo microbiano por parte de actinomicetos del género *Streptomyces* contra microorganismos fitopatógenos, por ejemplo *S. rochei* contra

Phytophthora que afecta a chile (Ezziyyani *et al.*, 2007), *S. griseoviridis* contra *Fusarium* que afecta a jitomate (Minuto *et al.*, 2006). Por otro lado, Boukaew *et al.* (2011) aislaron y evaluaron la actividad inhibitoria de 265 cepas de *Streptomyces* spp contra *Sclerotium rolfsii* causante de la pudrición de raíz y tallo en chile, posteriormente los 14 mejores aislamientos probados contra *S. rolfsii* fueron probados contra *Ralstonia solanacearum*, causante de la marchitez bacteriana en chile, encontrándose tres cepas efectivas contra ambos fitopatógenos los cuales fueron identificados como *S. mycarofaciens* y dos como *S. philanthi*. Los actinomicetos, también han sido utilizados como promotores de crecimiento vegetal, una prueba mas de los beneficios que su utilización podría proporcionar a los productores agrícolas, además su uso ya sea como biofertilizantes o como agentes de biocontrol (biofungicidas y/o biobactericidas) puede ser una alternativa viable al empleo en menor medida de fertilizantes y agroquímicos.

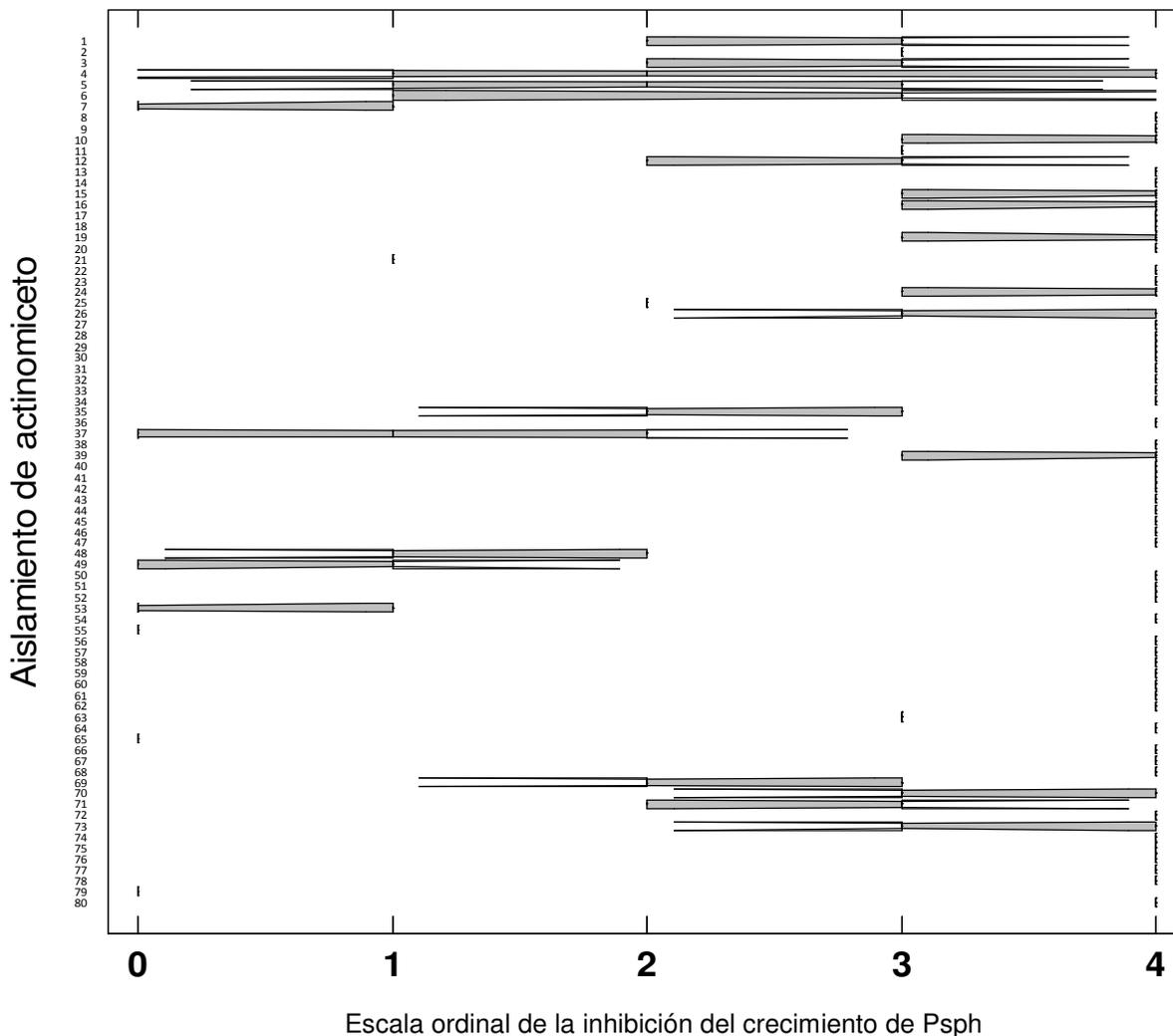


Figura 3. Efecto de 80 actinomicetos sobre el crecimiento bacteriano de *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* cepa 1448A (Psph), agente causal del tizón del halo de plantas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). La prueba de Kruskal-Wallis produjo un estadístico de 216.3 con un valor de $P \leq 0.00$. Las líneas prolongadas de las medianas indican un intervalo de confianza a un nivel de significancia de $P \leq 0.05$.

Conclusiones

Se presentaron diferencias entre cepas de actinobacterias para la inhibición del crecimiento de la bacteria Psph, indicando actividad antimicrobiana. Las cepas que inhibieron por completo el crecimiento de la bacteria fitopatógena fueron ABV07, ABV53, ABV55, ABV65 y ABV79. Estos resultados sugieren el potencial uso de algunas actinobacterias como agentes de control biológico del tizón de halo en frijol por medio de una formulación especialmente diseñada para el control de fitopatógenos de la parte aérea de la planta o como prevención aplicada previamente al suelo, reservorio de la mayoría de microorganismos tanto de hábito radicular como foliar.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó con el apoyo del proyecto AGS-2011-02-181930 del FOMIX-Gobierno del estado de Aguascalientes-CONACYT.

Bibliografía

- Campos, A. J. 1987. Enfermedades de frijol. Ed. Trillas, México. 132 p.
- Navarrete, M. R. y J. A. Acosta-Gallegos. 2000. Resistencia de frijol al tizón de halo en el valle de México y progreso de la enfermedad. Rev. Fit. Mex. 23: 17-28.
- SDR, 2007. Manual de producción del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) del Estado de Puebla. Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. México. 45 p.
- Schwartz, H. F. 1989. Halo blight. In: Bean production problems in the tropics. Schwartz H.F. and A. Pasto-Corrales (eds.) CIAT, Cali Colombia. 654 p.
- Statgraphics. 2005. StatGraphics centurion: ver. XV (User manual). StatPoint, Inc. USA.
- Minuto, A., Spadaro D., Garibaldi A. and Gullino M. L. 2006. Control of soilborne pathogens of tomato using a commercial formulation of *Streptomyces cesgriseoviridis* and solarization. Crop Protection 25: 468-475.
- Ezziyyani, M., Requena M. E., Egea-Gilabert C. and Candela M. E. 2007. Biological control of phytophthora root rot of pepper using *Trichoderma harzianum* and *Streptomyces rochei* in combination. Phytopathology 155: 342-349.
- Boukaew, S., S. Chuenchit and V. Petcharat. 2011. Evaluation of *Streptomyces* spp. for biological control of *Sclerotium* root and stem rot and *Ralstonia* wilt of chili pepper. BioControl 56: 365-374.

MUERTE DE ESCLEROCIOS DE *Phymatotrichopsis omnivora* EN SUELO ADICIONADO CON MELAZ

Samaniego Gaxiola, J. A.^{1*}; Pedroza Sandoval, A.²

¹ Campo Experimental La Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Matamoros, Coahuila, México.

² Universidad Autónoma de Chapingo, Unidad de Zonas Áridas, Bermejillo, Durango, México.

* Autor responsable: samaniego.jose@inifap.gob.mx. Blvd. Prof. José Santos Valdez # 1200 Pte. CP. 27440 Matamoros, Coah. Tel. +52 (871)-182-3281 Ext. 118.

Resumen

Suelo arenoso adicionado con 10 y 20 mg/g (p/p) de melaza, inundado e incubado de 3, 5 y 7 días, cambiaron el pH y potencial oxido – reducción de su sobrenadante. El pH del sobrenadante del suelo inundado sin melaza fue de alrededor de 8 y bajó alrededor de 7 al incubarse; en contraste, sobrenadantes de suelos adicionados con melaza antes y después de incubarse, su pH pasó de ~ 7 a < 6, respectivamente. En el sobrenadante de suelos sin adicionar melaza o adicionados con melaza pero sin incubar, su potencial oxido - reducción fue de -22 a -65 mv; por el contrario, sobrenadante obtenido de suelo adicionado con melaza e incubado osciló de -200 a -500 mv. Los esclerocios de *Phymatotrichopsis omnivora*, un hongo fitopatógeno que ataca raíces de cultivos agrícolas, murieron en su totalidad después de permanecer en los sobrenadantes donde su pH se ajustó a 4 y cuyo origen fue suelos adicionados con melaza e incubados; similares sobrenadantes pero sin ajustar su pH permitieron la supervivencia de los esclerocios del 96 al 100 %. Solo los esclerocios disminuyeron su supervivencia (≥ 99 %) después de permanecer en suelos adicionados con 20 mg/g de melaza e incubados cinco o siete días. Los cambios fisicoquímicos señalados son acordes con un proceso denominado desinfección anaerobia del suelo, en donde se ha consignado la muerte de organismos perjudiciales para las raíces de cultivos agrícolas, como indican nuestros resultados con la muerte de los esclerocios de *P. omnivora*.

Palabras clave: Desinfección; anaerobia; suelo

Introducción

Anterior a la aparición de los agroquímicos, la rotación de cultivos y la adición al suelo de materia orgánica fueron los principales métodos de control de enfermedades provocadas por organismos que habitan el suelo y atacan raíces de cultivos agrícolas (Bailey y Lazarovits, 2003). La materia orgánica adicionada en suelo tiene una amplia gama de orígenes, desde abonos frescos de residuos de plantas hasta compostas de estiércoles o basura. Por ello, su adición en el suelo para el control de enfermedades producidas por organismos como hongos, no es del todo consistente; de tal forma que, el control de estas enfermedades estará en función del tipo, cantidad de lo agregado y del hongo a combatir (Bonanomi *et al.*, 2007).

Una modalidad para el control de organismos referidos, es añadir la materia orgánica en suelo y cubrir éste con plástico; a ello, se le ha denominado desinfección anaerobia (DAS) o biológica (DBS) del suelo (Blok *et al.*, 2000; Momma *et al.*, 2006). También se han utilizado otros sustratos como paja de trigo, melaza o alcohol para generar la DAS, (Messiha *et al.*, 2007; Momma *et al.*, 2010; Shennan *et al.*, 2010).

Aunque no está del todo claro el mecanismo de la DAS, existe cambios constantes que los suelos manifiestan, como la disminución del pH, la aparición de ácidos grasos volátiles (AGVs) de cadena

corta (acético, butírico, fórmico y propiónico, entre otros) y valores negativos del potencial oxido-reducción en el suelo (-50 a -400 mv) (Momma 2008). Los cambios del suelo señalados, son similares a los que ocurren en suelos inundados (Sahrawat, 2008).

Por otra parte, los AGVs tienen propiedades biocidas en contra de múltiples organismos tales como hongos (Tenuta *et al.*, 2002; Samaniego-Gaxiola y Nagamani, 2013; Ushiwata *et al.*, 2009); levaduras (Senses-Ergul *et al.*, 2007); bacterias (Momma *et al.*, 2006); malezas (Muramoto *et al.*, 2008); nemátodos (Katase *et al.*, 2009); y virus (Reddy *et al.*, 2010). Estos ácidos penetran a las células de los organismos susceptibles y las matan en función del pH, la concentración y tiempo (Samaniego-Gaxiola y Pedroza-Sandoval, 20013). A medida que el pH se aproxima a 4 los AGVs se requieren en menor cantidad para matar a los organismos. Por tal motivo, cambio de pH adicional podría hacer más eficientes los AGVs para matar organismos del suelo perjudiciales para la agricultura.

Phymatotrichopsis omnivora (Duggar) Hennebert es un hongo fitopatógeno que es capaz de atacar a miles de plantas, muchas de ellas cultivos agrícolas, entre los que destaca el nogal pecanero *Carya illinoensis* (Wangenh.) K.Koch). Pues en éste cultivo, *P. omnivora* es el principal hongo que lo ataca en su parte radicular (Herrera-Pérez y Samaniego-Gaxiola, 2002).

Una alternativa para el control del hongo fitopatógeno señalado, es la DAS añadiendo melaza en el suelo y cubriéndolo con plástico. Sin embargo, la eliminación de del inoculo de *P. omnivora* podría evaluarse de manera precisa y controlada en el suelo dentro del laboratorio, lo que permitiría las posibles cantidades que se podrían usar en el suelo en los campos de cultivo, Particularmente la eliminación de los esclerocios del hongo que son la estructura más resistente. Así, los objetivos del trabajo fueron: registrar los cambios de pH y potencial oxido - reducción en los sobrenadantes de suelos adicionados con melaza, inundados e incubados hasta siete días; evaluar la supervivencia de los esclerocios de *P. omnivora* de los sobrenadantes (con o sin ajuste de pH a 4); evaluar la sobrevivencia de los esclerocios que permanezcan en los suelos adicionados con melaza.

Materiales y Métodos

Los esclerocios de *P. omnivora* se hicieron reproducir, cosecharon y manejaron como se indica en Samaniego-Gaxiola (2008). Los tratamientos consistieron en colocar esclerocios de *P. omnivora* en el fondo de frascos que contenían 100 g de suelo arenosos, después adicionar 0, 10 y 20 mg/g (p/p) de melaza comercial NUPLÉN®, se inundo (90 ml por frasco) e incubaron por períodos de tiempo de 0, 3, 5 y 7 días a 28 °C. En el fondo de cada frasco se colocaron 25 esclerocios, por cada dosis de melaza y período de incubación se hicieron cuatro repeticiones (frascos).

Justo antes de incubar los suelos con melaza, se determinó en el sobrenadante el pH y el potencial oxido-reducción. Después de cada período de incubación, se extrajeron tres muestras de 10 ml c/u del sobrenadante. Una muestra fue congelada para su posterior análisis de AGVs. A las dos muestras restantes, se les determinó su pH y potencial oxido-reducción. En ambas muestras de sobrenadante, se colocaron 25 esclerocios e incubaron una hora a 28 °C, solo que en una de las muestras, se ajustó el pH a 4 con ácido sulfúrico justo antes de colocar los esclerocios.

La supervivencia de los esclerocios extraídos de los frascos colocados en suelo arenoso adicionado con melaza, así como de los incubados en los sobrenadantes con o sin ajustar el pH, se realizaron de acuerdo a metodología previamente descrita (Samaniego-Gaxiola, 2008). Los datos de pH y potencial oxido - reducción se analizaron con un diseño completamente al azar a través del tiempo (SAS, 1999).

Resultados y Discusión

Los cambios fisicoquímicos de pH y potencial oxido – reducción fueron los esperados. El pH disminuyó a en función del tiempo dosis (cero) y el resto 10 y 20 mg/g, aunque no hubo diferencias entre estas dosis ($P = 0.01$), Para ambas dosis de melaza el pH cambió después de incubar los suelos ($P = 0.01$). Así el pH fue menor a seis en el sobrenadante proveniente de suelo incubado y

adicionado con 10 y 20 mg/g de melaza, en contraste, se mantuvo arriba de siete en suelo sin incubar, Figura 1.

En suelos adicionados con melaza, el potencial oxido – reducción se mantuvo por debajo de – 200 mv y llegó alcanzar valores inferiores a – 500 mv, por el contrario, en suelo si melaza, siempre fue de – 22 a - 65 mv. La diferencia entre el potencial oxido – reducción alcanzado en suelos incubados y sin incubar fue significativa ($P = 0.01$).

En el sobrenadante, aún no se determina la cantidad de AGVs. Pero la disminución del pH y del potencial oxido - reducción, sugieren su presencia. Suelos adicionados con fructosa, indujeron los cambios de pH, potencial oxido – reducción y la presencia de AGVs (hasta 20 mmol/L de sobrenadante) así como una disminución de la sobrevivencia de los esclerocios de *P. omnivora* (Samaniego-Gaxiola, 2012). El sobrenadante sin ajustar el pH tuvo un efecto marginal sobre la sobrevivencia (96 al 100 %) de los esclerocios de *P. omnivora*, por el contrario, en el sobrenadante ajustado a pH 4 indujo una pérdida del 100 % de la supervivencia de los esclerocios. Los esclerocios murieron del 99 al 100 % solo después de permanecer cinco y siete días en suelo adicionado con 10 y 20 mg/g de melaza, Cuadro 1.

La DAS o DBS, es una tratamiento que pretende sustituir a fumigantes como el bromuro de metilo (Shennan *et al.*, 2010) y posiblemente fungicidas, herbicidas, nematicida usados en suelo, entre otros. Los mecanismos exactos de cómo funciona la DAS no están del todo claro (Momma, 2008). Sin embargo, en la DAS es necesario degradar materia orgánica en condiciones de anaerobiosis, lo que se alabanza saturando o inundado el suelo y cubrirlo con plástico (Shennan *et al.*, 2010). Hasta ahora, se sabe que en la DAS siempre aparecen AGVs, de los cuales se sabe tienen propiedades biocidas (Samaniego-Gaxiola y Pedroza-Sandoval, 2013). Los AGVs pueden penetrar a las células e inducir su muerte, los mecanismos de acción tóxica del ácido acético, que es un AGV han sido revisados recientemente (Giannattasio *et al.*, 2012).

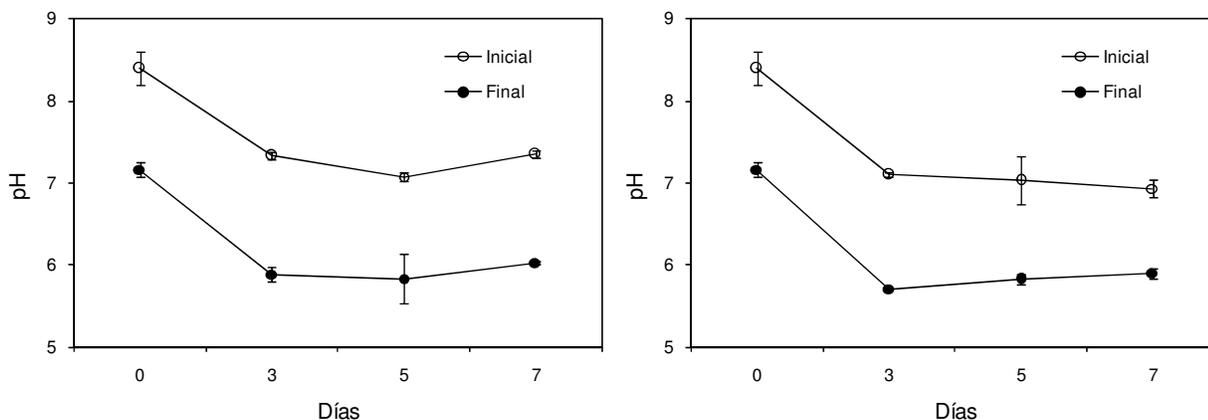


Figura 1. Cambio de pH del sobrenadante obtenido de suelo adicionado con 10 o 20 mg g⁻¹ de melaza, figuras izquierda y derecha, respectivamente. Los suelos se incubaron de cero a siete días a 28 °C. Cada punto es promedio de cuatro repeticiones y las barras indican la desviación estándar.

Los AGVs incrementan su eficiencia para matar organismos conforme se encuentran en un pH de 4 a 5. En este trabajo, el pH alcanzado en el sobrenadante del tratamiento con 20 mg/g de melaza fue de ~ 5.5, el que no indujo la muerte de los esclerocios, pero sí lo hizo al ajustar su pH a 4. Ello sugiere que el pH 4 a 5 aumenta la eficiencia para matar de los AGVs. Un pH 4 inducido en soluciones con ácido acético o ácido sulfúrico por tres días, no afectó la supervivencia de los esclerocios de *P. omnivora* (Samaniego-Gaxiola, 2013); pero sí la sobrevivencia de los esclerocios después de permanecer en sobrenadantes (ajustados a pH 4) provenientes de suelo adicionado con 2 o más mg/g de fructosa e inundado por una semana (Samaniego-Gaxiola, 2012). Por tanto, el pH de 4 por sí solo, no induce la muerte de los esclerocios de *P. omnivora*, pero sí incrementar la eficiencia de los AGVs para matar los esclerocios en sobrenadantes de suelos adicionados con

fructosa y podría hacerlo en suelos adicionados con melaza, como sugieren nuestros resultados.

Los AGVs en forma volátil o en solución, tienen efecto letal sobre el micelio y esclerocios de *P. omnivora*, así se necesitan 15 a 30 min para empezar a matar esclerocios a concentración de 50 mmol/L de ácidos acético, butírico, fórmico y propiónico y hasta dos horas sí la concentración fue de 17 mmol/L (Smanaiego-Gaxiola y Nagamani, 2013). Es decir, los AGVs actúan matando a los esclerocios en tiempos cortos, lo cual concuerda con la muerte observada después de que los esclerocios permanecieron una hora en los sobrenadantes donde el pH se ajustó a 4.

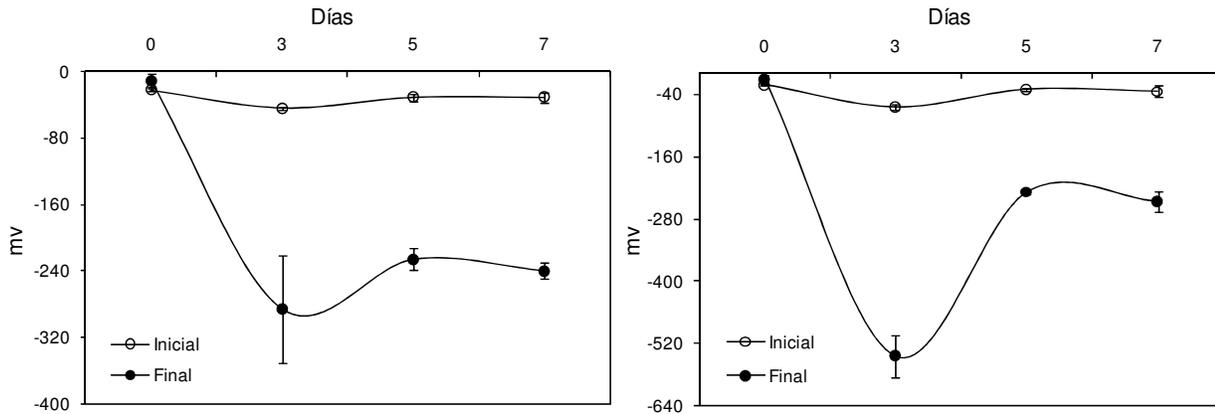


Figura 2. Cambio de potencial oxido – reducción (mv) del sobrenadante obtenido de suelo adicionado con 10 o 20 mg g⁻¹ de melaza, figuras izquierda y derecha, respectivamente. Los suelos se incubaron de cero a siete días a 28 °C. Cada punto es promedio de cuatro repeticiones y las barras indican la desviación estándar.

Cuadro 1. Sobrevivencia† de esclerocio de *P. omnivora* en sobrenadante o después de extraer los esclerocios de suelo arenoso. Los suelos con la melaza adicionada se incubaron de cero a siete días a 28 °C

Días	Sobrenadante‡					
	sin ajustar el pH		pH ajustado a 4		Suelo arenoso	
	Dosis de melaza en mg/g		Dosis de melaza en mg/g		Dosis de melaza en mg/g	
0	100	100	100	100	100	100
3	100	100	0	0	100	100
5	99	96	0	0	100	1
7	100	96	0	0	92	0

† La sobrevivencia es promedio de 4 repeticiones, cada una con 25 esclerocios.

‡ Los esclerocios fueron colocados una hora inmersos en los sobrenadantes (donde se ajustó o no el pH a 4).

Conclusiones

Cambios de pH de 8 a 5.5 y potencial oxido – reducción de -22 a < -500 mv ocurrieron en el sobrenadante de suelo adicionado con 10 y 20 mg/g de melaza, e incubados de 3, 5 y 7 días. Los esclerocios de *P. omnivora* que permanecieron una hora en los sobrenadantes provenientes de suelo inundado, adicionado con de melaza e inundado, murieron (100 %) sí al sobrenadante se le ajustó el pH a 4 y solo murieron de 1 a 4 % sí al sobrenadante no se le ajustó el pH. Los esclerocios que permanecieron en el suelo adicionado con 10 o 20 mg/g melaza sobrevivieron un 92 y 0 % al séptimo día de incubación, respectivamente. Los cambios fisicoquímicos registrados y la muerte de los esclerocios de *P. omnivora*, sugieren que el proceso de DAS se genera usando utilizando melaza, y que el proceso se puede hacer más eficiente ajustando el pH a 4.

Agradecimientos

Los autores agradecen al CONACYT el apoyo al presente trabajo, que se parte del proyecto SAGARPA-CONACYT, con clave SAGARPA-13-2011-175247.

Bibliografía

- Bailey, K.L. and G. Lazarovits, 2003. Suppressing soil-borne diseases with residue management and organic amendments. *Soil & Tillage Research* 72: 169–180.
- Blok, W. J., J. G. Lamers, A. J. Termorshuizen, and G. L. Bollen. 2000. Control of soilborne plant pathogens by incorporating fresh organic amendments followed by tarping. *Phytopathology*. 90: 253-259.
- Bonanomi, G., V. Antignani, C. Pane, and F. Scala. 2007. Suppression of soilborne fungal diseases with organic amendments. *Journal of Plant Pathology* 89: 311-340.
- Giannattasio, S., N. Guaragnella, and E. Marra. 2012. Molecular mechanisms of programmed cell death induced by acetic acid in *Saccharomyces cerevisiae*. *Microbiology Monographs* 22.
- Herrera-Pérez, T. y J. A. Samaniego-Gaxiola, 2002. Enfermedades del nogal. pp. 177-206. En: J. Arreola-Ávila e I. Reyes-Juárez (eds.). *Tecnología de Producción del Nogal Pecanero*. Campo Experimental La Laguna. INIFAP. Matamoros, Coahuila, México. 220 p.
- Katase, M., C. Kubo, S. Ushio, E. Ootsuka, T. Takeuchi, and T. Mizukubo. 2009. Nematicidal activity of volatile fatty acids generated from wheat bran in reductive soil disinfestation. *Journal Nematological Research* 39: 53-62.
- Messiha, N. A. S., A. D. van Diepeningen, M. Wenneker, A. R. van Beuningen, D. D. Janse, T. G. C. Coenen, A. J. Termorshuizen, A. H. C. van Bruggen, and W. J. Blok. 2007. Biological soil disinfestation (BSD), a new control method for potato brown rot, caused by *Ralstonia solanacearum* race 3 biovar 2. *Eur. J. Plant Pathol.* 117: 403-415.
- Momma, N. 2008. Biological soil disinfestation (BSD) of soilborne pathogens and its possible mechanisms. *JARQ*. 42: 7-12.
- Momma, N., K. Yamamoto, P. Simandi, and M. Shishido. 2006. Role of organic acids in the mechanisms of biological soil disinfestations (BSD). *J Gen Plant Pathol.* 72: 247-252.
- Momma, N., M. Momma, and Y. Kobara. 2010. Biological soil disinfestation using ethanol: effect on *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* and soil microorganisms. *J Gen Plant Pathol.* 76: 336-344.
- Muramoto, J., C. Shennan, A. Fitzgerald, S. Koike, M. Bola, O. Daugovish, E. N. Roskopf, N. K. Burelle, and D. M. Butler. 2008. pp. 109.1-109.3. Effect of Anaerobic Soil Disinfestation on Weed Seed Germination. *Proceedings of the Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions*, Orlando, Florida, USA.
- Reddy, M. R., N. R. Dhanutha, T. R. Kannaki, and R. P. Sharma. 2010. Evaluation of disinfectants against Newcastle disease virus in the presence of organic matter and water hardness. *Indian Journal of Poultry Science* 45: 81-83.
- SAS Institute (1999) *SAS/IML User's guide*, version 8. Cary
- Sahrawat, L. K. 2008. Soil fertility advantages of submerged rice cropping systems: A review. *Journal of Sustainable Agriculture* 31:5-23.
- Samaniego-Gaxiola, J. A. 2008. Efecto del pH en la sobrevivencia de esclerocios de *Phymatotrichopsis omnivora* (Dugg.) Hennebert expuestos a Tilt y *Trichoderma* sp. *Revista Mexicana de Fitopatología* 26: 32-39.
- Samaniego-Gaxiola, J. A. and Balagurusamy, N. 2013. Survival of *Phymatotrichopsis omnivora* after exposure to volatile fatty acids. *Journal of General Plant Pathology* 79: 105-109.
- Samaniego-Gaxiola, J. A. 2012. Muerte de esclerocios de *Phymatotrichopsis omnivora* disminuyendo el pH en presencia de ácidos grasos volátiles. *Memooria de la XXIV Semana Internacional de Agronomía*. UJED - FAZ. 4-6 de Septiembre. Gómez Palacio, Durango, México. P 699-703.
- Samaniego-Gaxiola, J. A. 2013. Supervivencia de los esclerocios de *Phymatotrichopsis omnivora* en función del pH *in vitro*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4: 337-351.
- Senses-Ergul, S., S. Karasu-Yalcin, and Z. Y. Ozbas. 2007. The effect of some environmental parameters on the growth of yeasts originating from sugar containing foods. *Annals of Microbiology* 57: 191-196.
- Shennan, C., J. Muramoto, M. Bolda, O. Daugovish, M. Mochizuk, N. E. Roskopf, N. Kokalis-Burelle, and M. Butler. 2010. Optimizing anaerobic soil disinfestation for strawberry production in California. *Proceedings of the Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions*, Orlando, Florida, USA: 23.1-23.4.
- Tenuta, M., K. L. Conn, and G. Lazarovits. 2002. Volatile fatty acids in liquid swine manure can kill microsclerotia of *Verticillium dahlia*. *Phytopathology*. 92: 548-552.
- Ushiwata, S. Y., Y. Amemiya, and K. Inubushi. 2009. Inhibition of *in vitro* growth of *Rhizoctonia solani* by liquid residue derived from steam-treated grass clippings. *J Gen Plant Pathol.* 75: 312-315.

HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NATIVOS DE PLANTACIONES DE LA DOM-MICHOACÁN EN EL CRECIMIENTO DE *Agave tequilana*

Montoya-Martínez, A.C.^{1,2}; Rincón-Enríquez, G.¹; Quiñones-Aguilar, E.E.¹; López-Pérez, L.^{2*}

¹Unidad de Biotecnología Vegetal, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. Guadalajara Jalisco, México

²Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Michoacán, México

*Autor responsable: lexquilax@yahoo.com.mx; Km 9.5 Carretera Morelia-Zinapécuaro Unidad Posta Zootécnica, Tarímbaro Michoacán Tel. /Fax: (443) 2958324 (443) 2958354

Resumen

El agave tequilero es un cultivo de gran importancia para Michoacán representando 173 millones de pesos a nivel estatal, en solo 8300 ha. El desarrollo intensivo de la agricultura para la producción de agave ha traído consigo un deterioro ambiental. La utilización de recursos microbianos como biofertilizantes es una alternativa para reducir el uso de productos químicos y disminuir el impacto ambiental. La utilización de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) como biofertilizante es una opción prometedora para mejorar este problema. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar los efectos de diversas cepas nativas de HMA, cuyos propágulos originales provenían de plantaciones de agave de la denominación de origen del mezcal (DOM) Michoacán en el crecimiento del *Agave tequilana* en invernadero, para su potencial uso como biofertilizante. Para esto se inocularon bulbilos de *Agave tequilana* con ocho consorcios nativos de HMA, una cepa comercial de HMA (INIFAP) y un control sin HMA. A los 180 días después de plantados los bulbilos se evaluó la altura y el número de hojas de las plantas. Se observó un efecto positivo en el crecimiento de las plantas de agave cuando estas se inocularon con los consorcios nativos de HMA. Para la variable número de hojas el inóculo Rancho Carlos Rojas (CR-ME) y El Limón (EL-Mtu) mostraron tener un mejor efecto con 7.5 y 7.4 hojas en promedio, respectivamente. Bajo las condiciones de este experimento, cualquier de estos inóculos podría usarse potencialmente como un biofertilizante en el cultivo de agave.

Palabras clave: Micorriza; biofertilizante; agave tequilero

Introducción

El género *Agave* tiene aproximadamente 200 especies, de las cuales 150 (75%) se encuentran en México (García, 2004). Dicha planta, ha sido utilizada desde tiempos remotos como fuente de alimento, forraje, medicina, fibra y como material de construcción, entre otros usos. Su principal utilidad actualmente es la elaboración de bebidas alcohólicas como el pulque, el mezcal, el bacanora y el tequila, el cual es producido de la especie *Agave tequilana* (Weber) var. Azul (Granados, 1993).

La producción de *Agave tequilana* en 2008 fue de 38 190 202 plantas; de las cuales 7 162 869 plantas pertenecen a la denominación de origen del tequila (DOT) Michoacana y representa 173 millones de pesos a nivel estatal, en solo 8300 ha. La DOT-Michoacán, cuenta con 30 municipios localizados al noroeste del estado, destacando los municipios de La Piedad, Los Reyes, Zamora, Tocumbo, Maravatio y Jiquilpan con alrededor de 7 162 869 plantas para el año 2008 (CRT, 2010). El desarrollo intensivo de la agricultura para la producción de agave tequilero ha traído consigo un uso desmedido de fertilizantes agroquímicos, lo que conlleva a un deterioro ambiental y representa riesgos a la salud humana, la microfauna y flora silvestre. La utilización de recursos microbianos

como biofertilizantes es una alternativa viable para reducir el uso de productos químicos y disminuir su impacto ambiental.

La utilización de HMA como biofertilizante es una opción prometedora para mejorar este problema. Los HMA forman una de las asociaciones importantes con las plantas: las micorrizas. Esta asociación promueve el crecimiento vegetal a través de diferentes mecanismos de acción como la producción de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, mejoran la absorción de agua, incrementan la captación de nutrimentos minerales, especialmente el fósforo, cobre y zinc (Smith y Read, 1997), aumentan la tolerancia a distintos estreses abióticos como la sequía (Sylvia, 1998) y el estrés salino (Harris, 2012), aumentan la diversidad y población de microorganismos rizosféricos, ocasionando un efecto de supresividad de fitopatógenos en el suelo (De la Noval Pons, 2007; Jung *et al.*, 2012) y forman agregados en el suelo (Smith y Read, 1997).

La mutua dependencia entre organismo hospedero y el huésped consiste en que el primero, representa una fuente directa de carbono y nitrógeno indispensables para el desarrollo del hongo. Por su parte, el huésped forma una red fúngica con desarrollo intra e intercelular en la corteza radical de la planta, que se extiende hacia su entorno. Mediante este retículo, las raíces se favorecen, ya que pueden absorben agua y minerales que son transportados a los diferentes órganos del vegetal (Pimienta *et al.*, 2009).

Dada la gran importancia económica que tiene el agave para México y Michoacán, y los problemas ambientales que la producción intensiva conlleva, este trabajo tiene como objetivo evaluar los efectos que tienen diversas cepas nativas de HMA de plantaciones de la DOM-Michoacán en el crecimiento del *Agave tequilana* a nivel de invernadero.

Materiales y Métodos

Para la obtención de los consorcios nativos de HMA, se muestreo suelo rizosférico de plantaciones de agave mezcalero de Michoacán. El área de estudio, donde se ubicaron los sitios de muestreo, comprendió dos municipios dentro de la DOM del estado de Michoacán (Tzitzio y Etucuaró, Madero) y la localidad de Tumbisca ubicada entre los municipios de Morelia y Madero.

Las parcelas seleccionadas fueron las siguientes: tres en Etucuaró (El Huizachal = EH-ME, Las Campesinas = LC-ME, Rancho Carlos Rojas = CR-ME); tres de Tzitzio (Paso Ancho = PA-MT, Barranca de las Nueces = BN-MT, Cerro del Metate = CM-MT) y dos sitios de Tumbisca (El Limón = EL-MTu, Agua Dulce = AD-MTu).

El material vegetal utilizado fueron bulbilos de *Agave tequilana* recolectados en el mes de Octubre de 2012. Se utilizaron como macetas bolsas de polietileno negras y se llenaron con 1.5 kg de sustrato que fue una mezcla de arena y suelo esterilizados (1:1 v/v). Se regaron las macetas hasta capacidad de campo y se procedió al trasplante.

La inoculación micorrízica con 100 esporas, se realizó en la raíz al momento del trasplante del bulbito de *Agave tequilana*.

El experimento consistió en evaluar ocho cepas nativas, una comercial y un tratamiento sin HMA (Cuadro 1) y se utilizó un diseño experimental de bloques al azar.

Cuadro 1: Diseño de tratamientos evaluados en el experimento de HMA nativos y agave tequilero.

Localidad	Inóculo	Sitio de Muestreo	Tratamiento
Etúcuaro	EH-ME	El Huizachal	1
	LC-ME	Las Campesinas	2
	CR-ME	Rancho Carlos Rojas	3
Tumbisca	EL-Mtu	El Limón	4
	AD-Mtu	Agua Dulce	5
Tzitzio	BN-MT	Barranca de las Nueces	6
	PA-MT	Paso Ancho	7
	CM-MT	Cerro del Metate	8
	INIFAP®		9
	Sin HMA		10

Las variables de respuesta evaluadas fueron la altura de la planta desde la base hasta la punta de la hoja más alta y número de hojas a los 180 días de establecido el experimento.

Resultados y Discusión

En cuanto a la altura de las plantas de agave a los 180 días no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas. Sin embargo, el tratamiento con el inóculo procedente de BN-MT fue el que promovió la mayor altura con 13.86 cm, seguido del tratamiento EH-ME con 13 cm. En promedio los demás tratamientos tuvieron una altura de 9.8 cm. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Pimienta *et al.* (2009), quienes no encontraron diferencias significativas en la variable de largo de las hojas en plantas de *Agave tequilana* a los cinco meses de la inoculación con HMA..

Para la variable número de hojas (Figura 1) se encontraron diferencias significativas con una $P=0.007$. A los 180 días, los tratamientos EL-Mtu y CR-ME fueron los que tuvieron un mejor efecto con 7.5 y 7.4 hojas en promedio, respectivamente. El tratamiento LC-ME fue el menor con 4.6 hojas en promedio. Estos resultados difieren con los obtenidos por Pimienta *et al.* (2009), ya que no se encontraron diferencias significativas en las variables morfológicas, incluyendo número de hojas.

Conclusiones

Se observó un efecto positivo en el crecimiento de las plantas de agave cuando estas se inocularon con los diferentes consorcios nativos de HMA provenientes de la DOM-Michoacán. Para la variable número de hojas, el inóculo proveniente del sitio Rancho Carlos Rojas (CR-ME) y El Limón (EL-Mtu) fueron diferentes estadísticamente al resto de los inóculos. Bajo las condiciones experimentales de este trabajo, cualquiera de estos inóculos podría usarse potencialmente como un biofertilizante en el cultivo de *Agave tequilana*.

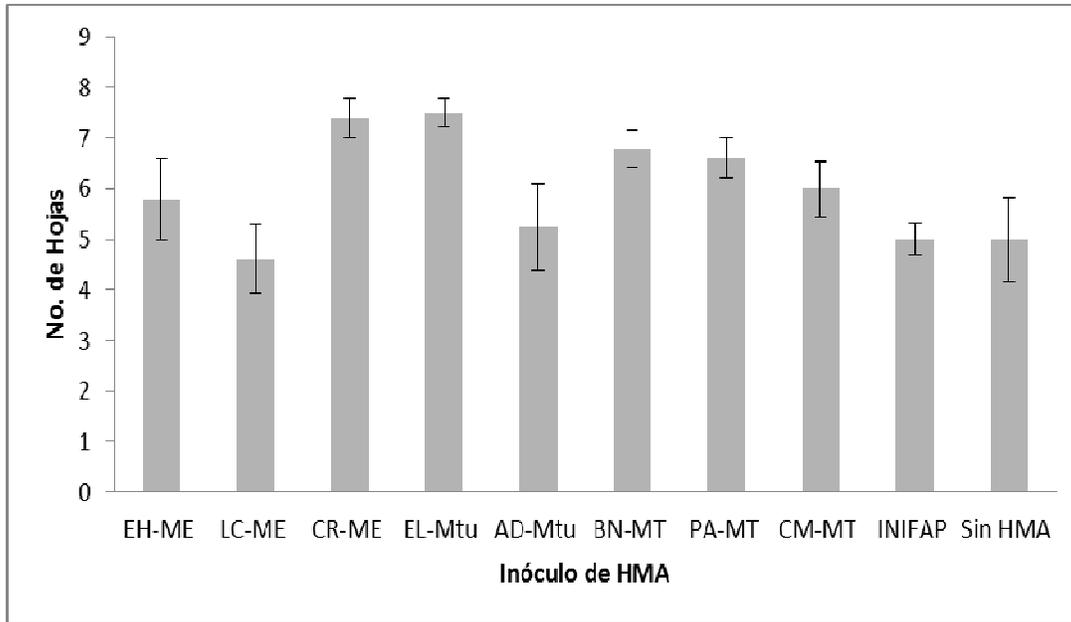


Figura 1: Efecto de HMA nativos de la DOM Michoacán sobre el número de hojas de plantas de *Agave tequilana* después de 180 días del trasplante en condiciones de invernadero. (El Huizachal = EH-ME, Las Campesinas = LC-ME, Rancho Carlos Rojas = CR-ME, El Limón = EL-MTu, Agua Dulce = AD-MTu, Barranca de las Nueces = BN-MT, Paso Ancho = PA-MT, Cerro del Metate = CM-MT).

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto titulado “Utilización de recursos microbianos para el control biológico de la pudrición del cogollo de agave tequilero en la DOT-Michoacán”; financiado por el Fondo Mixto del gobierno del estado de Michoacán y el CONACYT (clave del proyecto MICH-2010-03-148208). El primer autor agradece al CONACYT el apoyo de beca para realizar estudios de maestría en el PIMCB de la UMSNH.

Bibliografía

- Consejo Regulador del Tequila. 2010. Actualización de la base de datos y diagnóstico fitosanitario: *Agave tequilana* Weber var. azul. Comité Técnico Agronómico. Sub-comité de Fitosanidad.
- De la Noval Pons, B. 2007. Estudio de la participación de las micorrizas arbusculares y la sistemina en la inducción de respuestas de defensa contra patógenos en tomate. Estudio molecular. La Habana: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- García Mendoza, A. 2004. Agavaceas. En A. García Mendoza, J. Ordoñez y M. Briones S., Biodiversidad de Oaxaca. pp. 159-169. Mexico, D.F.
- Granados Sanchez, D. 1993. Los agaves en México. México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- Harris Valle C., M. Esqueda, A. Orozco Avitia, A. Castellanos, A. Gardea y E. Valenzuela Soto. 2012. Metabolismo energético de cucurbita pepo micorrizada con hongo del desierto sonorense y crecida con salinidad o déficit de humedad. *Fitotecnia Mexicana* 35: 51-59.
- Jung S., A. Martínez Medina, J. López Ráez and M. Pozo. 2012. Mycorrhiza induced resistance and priming of plant defenses. *Journal of Chemical Ecology* 38: 651-664.
- Pimienta Barrios E., H. J. Zañudo y A. E. López. 2009. Efecto de las micorrizas arbusculares en el crecimiento, fotosíntesis y anatomía foliar de plantas jóvenes de *Agave tequilana*. *Acta Botanica Mex.* 89: 63-78.
- Smith S. and D. Read. 1997. Mycorrhizal symbiosis. San Diego: Academic Press.
- Sylvia D. 1998. Activity of external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biology and Biochemistry* 20: 39-43.

DETERMINACION DEL TIEMPO DE MICORRIZACION EN PLANTULAS DE PAPAYA EN VIVERO

Beltrán Castañeda, L.Y.; Quiñones Aguilar, E.E.; Rincón Enríquez, G.*

Unidad de Biotecnología Vegetal, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. Guadalajara, Jalisco México.

*Correspondencia: grincone@gmail.com; Normalistas No. 800, Colonia Colinas de la Normal. Guadalajara, Jalisco México. CP 44270. Tel. +52 (33) 33455200 Ext. 1730.

Resumen

Durante el proceso de producción del cultivo de papaya, las plantas de esta especie frutícola permanecen durante su primera etapa de crecimiento bajo condiciones de vivero. Durante esta etapa las plantas pueden recibir inoculaciones de organismos benéficos como lo son los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) con el fin de conferirles importantes beneficios biológicos que pueden verse reflejados en el acceso de los frutos de papaya a mercados con exigencias de producción sustentable y sostenible. Sin embargo existe poca información donde se aborde la pregunta acerca de cuánto tiempo requieren las plantas en general y papaya en particular para que sean colonizadas por los HMA, por lo cual el objetivo de este trabajo fue determinar el tiempo de micorrización en plantas de papaya y relacionar esta colonización con su efecto a nivel del crecimiento vegetal. Para lograr este objetivo se realizó un experimento completamente la azar bajo condiciones de invernadero con doce tratamientos y tres repeticiones; cada tratamiento (T) consistió en la inoculación de plántulas de papaya durante el trasplante con un consorcio de HMA denominado Cerro del Metate y posteriormente realizar muestreos destructivos a los días 5 (T1), 10 (T2), 15 (T3), 20 (T4), 25 (T5), 30 (T6), 45 (T7), 60 (T8), 75 (T9), 90 (T10) y 105 (T11) días después del trasplante (DDT), el T12 fueron plantas sin inoculación con HMA. En cada muestreo destructivo se evaluó la colonización micorrízica y las variables de crecimiento altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT) y número de hojas (NH). Hasta los 45 días después del trasplante (DDT) se encontró que la colonización se realizó a partir del día cinco y que los tratamientos con HMA tuvieron efecto positivo sobre el crecimiento de las plantas.

Palabras clave: Micorriza; biofertilizante; tiempo de colonización micorrízica

Introducción

En la última década, México ha sido uno de los principales productores de papaya (*Carica papaya* L.) en el mundo junto con Indonesia, India y Brasil, conservando el primer lugar como exportador por más de 10 años (FAO, 2011). El cultivo de papaya requiere altas cantidades de fertilizantes y agua para el crecimiento y producción estable (Nakasone y Paull, 1998), lo cual ha promovido la búsqueda de alternativas para disminuir costos. Sin embargo, el incremento en el precio de los fertilizantes importados se ve reflejado en los altos costos de producción del cultivo. Además, es necesario un sistema de producción con menor impacto ambiental, ya que el uso excesivo de fertilizantes minerales en la producción intensiva, como es el caso del cultivo de papaya, podría dar lugar a un desequilibrio de nutrientes y acidificación del suelo con un escaso rendimiento (Isola, 1998).

Con base en lo anterior, es necesario realizar cambios en los sistemas de producción, reemplazando los fertilizantes minerales con otras fuentes de fertilización, como son las micorrizas y fertilizantes orgánicos. El uso de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) como biofertilizantes ha incrementado el rendimiento en granada (*Punica granatum* L.) (Aseri *et al.*, 2008), jitomate

(*Lycopersicon esculentum* Mill) (Makus, 2004), sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.) (Kaya *et al.*, 2003) y fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) (Jaen *et al.*, 1997). Además de los grandes beneficios que aportan al cultivo (mayor crecimiento y desarrollo de la planta) (Vázquez-Hernández *et al.*, 2011), favorecen la diversidad de microorganismos del suelo (Téliz y Mora, 2007) y mejoran la calidad del suelo (Azcón-Aguilar y Barea, 1997). La diversidad de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en México, ha sido poco estudiada, es probable que esta diversidad sea una de las más grandes del mundo, principalmente por la gran variedad de biomasa que se presenta en el territorio nacional de México (Varela y Trejo, 2001).

En la actualidad, el uso de químicos en la agricultura se ha vuelto un tema demasiado controversial, debido a que éstos suponen un riesgo potencial, no solo por el hecho de que son agentes que alteran la naturaleza de las plantas modificando sus procesos biológicos, sino porque su uso trae consecuencias graves, tanto para los ecosistemas como para las mismas plantas, y por ende, para aquellos que las consumen. Dentro de las alternativas naturales utilizadas para disminuir el uso de químicos en las prácticas agrícolas, existe el empleo de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), que son organismos del suelo que viven simbióticamente con la mayoría de plantas, les aportan beneficios, dándoles ventajas con respecto a las plantas no micorrizadas, como por ejemplo facilitándole a la planta la toma de nutrientes de baja disponibilidad o de poca movilidad en el suelo (como el fósforo), evitando la acción de microorganismo patógenos en la raíz, aumentando la tolerancia de la planta a condiciones de stress abiótico en el suelo, entre otros beneficios (Barrera, 2009).

El objetivo de este estudio fue determinar el tiempo del inicio de la colonización micorrízica en papaya y su relación con el efecto en el crecimiento de las plantas durante su etapa de invernadero.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en el invernadero del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), en la ciudad de Guadalajara, Jalisco. Los materiales biológicos utilizados fueron plantas de papaya (*Carica papaya* L.) e inóculo Cerro del Metate, aislado de muestras de suelo del Cerro del Metate, municipio de Tzitzio, Michoacán.

Trasplante e inoculación

Se tomaron plantas de papaya con cuatro hojas verdaderas, lo cual se logró, aproximadamente, a los 40 días después de la siembra de la semilla, estas fueron trasplantadas cada una a su respectiva maceta, la cual contenía una mezcla constituida por suelo, arena y materia orgánica en una proporción de 50:48:2, respectivamente. Al momento del trasplante, a cada planta se le agregaron, en el área de la raíz, 6 g de inóculo Cerro del Metate, los cuales contenían aproximadamente 80 esporas de HMA. Al inicio del experimento, las plantas se regaron dos veces por semana para mantenerlas húmedas. Posteriormente, los riegos pasaron a ser una vez cada semana, dependiendo de las necesidades hídricas de las plantas.

Diseño de tratamientos y experimental

Se estableció un experimento de 12 tratamientos con 3 repeticiones cada uno, los cuales fueron dispuestos aleatoriamente. Los tratamientos consistieron en realizar un muestreo destructivo cada 5 días a partir del quinto día después del trasplante (DDT) de las plantas de papaya y hasta el día 105, el tratamiento 12 fue sin micorrizar. Cada maceta con una planta representó una unidad experimental (UE), por lo que se obtuvieron 36 UE. Se realizaron muestreos de lo 5 a los 45 DDT.

Variables de respuesta y análisis estadísticos

Se evaluaron cada 5 días después del trasplante las variables siguientes: altura de la planta (AP) se cuantificó en mm, se midió con un vernier digital, partiendo de la base del tallo hasta el ápice de la última hoja; diámetro del tallo (DT) expresado en mm, se midió con vernier digital, tomado de la base del tallo; número de hojas considerando solo las hojas formadas; la colonización se midió en las raíces de las plantas de los tratamientos muestreados (cada 5 DDT); finalmente se evaluó la densidad de esporas en 100 g de suelo seco en los días 15 y 30 DDT mediante la técnica de tamizado húmedo y decantación propuesta por Gendermann y Nicolson (1963) y conteo directo bajo

microscopio estereoscópico. Las variables AP, DT y NH se analizaron mediante un análisis de varianza y pruebas de comparación múltiple de media Tukey a un nivel de significancia de $P \leq 0.05$.

Resultados y Discusión

Efecto de los HMA en el crecimiento de las plantas de papaya

Después del último muestreo, a los 45 días después del trasplante, se observó que para las variables de altura de planta y diámetro del tallo todos los tratamientos presentaron, en su mayoría, un incremento gradual. En estudios realizados anteriormente se demuestra que plantas inoculadas con HMA presentan un crecimiento mayor a aquellas que no reciben ningún tratamiento, por ejemplo Quiñones-Aguilar *et al.* (2012) reportaron que plantas de papaya inoculadas con HMA presentan un mayor crecimiento que plantas sin inocular por arriba del 400% en AP y DT. Pereira *et al.* (2001) demostraron que la micorrización de plántulas de *Eucalyptus camaldulensis* con micorrizas vesículo arbusculares tiene efectos positivos en el crecimiento en altura de plántulas. Melchor-Marroquín (2012) trabajó el efecto de endomicorrizas para la aceleración del desarrollo de cítricos y reportó que los HMA producen cambios a nivel fisiológico, como mayor área foliar, tasa de crecimiento y producción de biomasa. La evolución de AP se muestra en la Figura 1 para todos los tratamientos; dicha variable se mantuvo en aumento y mostró diferencias estadísticamente significativas a los 10, 15, 20 y 25 DDT según el ANVA y prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) que mostró que el tratamiento cinco fue distinto con respecto a los demás tratamientos (Cuadro 1). Estos resultados sugieren por lo tanto dos aspectos importantes: la inoculación con CM promueve efectos positivos sobre el crecimiento y en segundo lugar que la respuesta de papaya a la inoculación con HMA muestra una amplia variación.

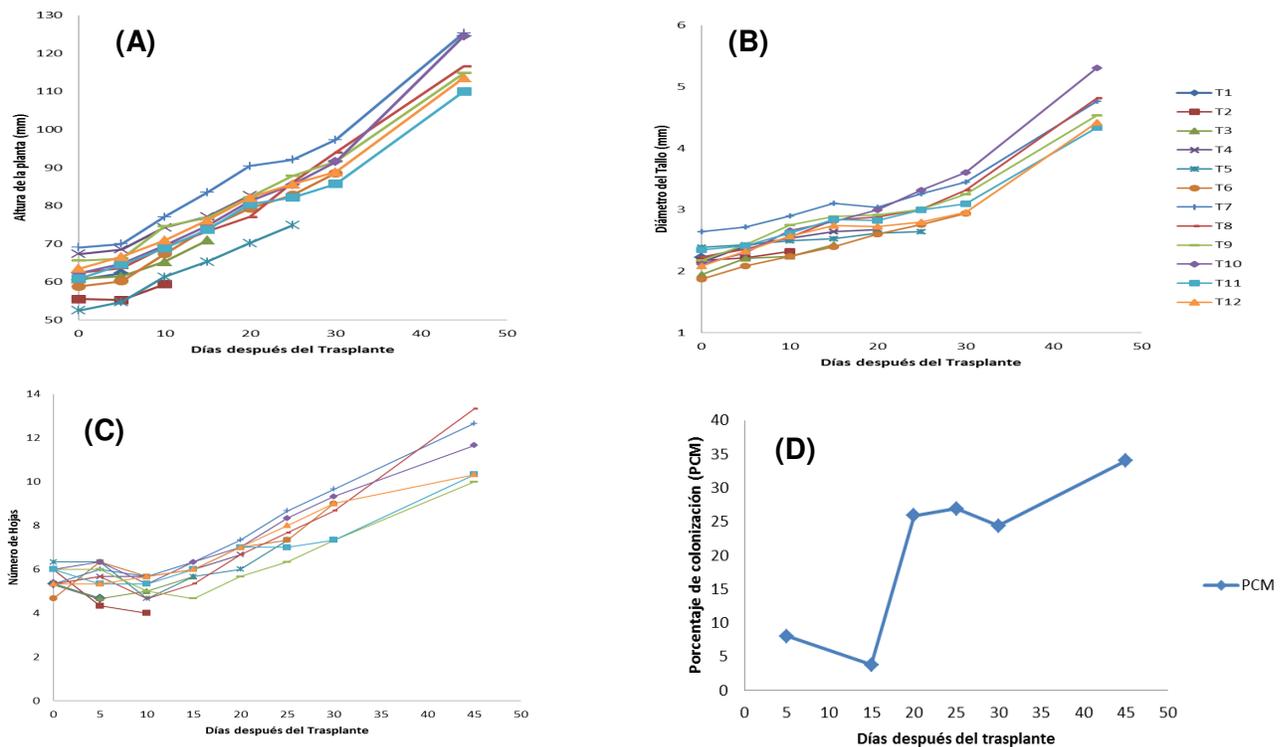


Figura 1. Comportamiento del crecimiento de plantas de papaya por efecto del consorcio de hongos micorrízicos arbusculares Cerro del Metate (CM). (A) Altura de planta, (B) Diámetro del tallo, (C) número de hojas y (D) porcentaje de colonización. T1 a T11 fueron inoculados con CM y el T12 sin HMA, se presenta la dinámica general hasta los 45 días después del trasplante.

El aspecto de la variación de la respuesta de la papaya se manifiesta fácilmente en la Figura 1 al comparar los tratamientos con y sin (T12) HMA para las tres variables de respuesta en crecimiento (AP, DT y NH), de igual manera en los cuadros 1 y 2 se aprecia que existe diferencias entre tratamientos inoculados con el HMA CM en la variable de crecimiento AP y NH, sin embargo para otras variables como DT o AP a los 45 DDT no hay diferencias estadísticas entre tratamientos con y sin HMA. Esta variación puede ser debida a distintos factores edáficos o del HMA para establecerse de satisfactoriamente en las raíces de las plantas de papaya o al haber algún factor edafológico que este inhibiendo la apropiada colonización del HMA, lo cual coincide con lo reportado y discutido por Alarcón *et al.* (2002).

Tiempo de colonización de los HMA en plantas de papaya

A medida que se fueron realizando los muestreos se observó un incremento en el PCM, lo cual indica que las raíces de papaya son capaces de asociarse y establecer simbiosis con los HMA, lo que favorece su desarrollo y crecimiento (Figura 1 D). Además, esto supone que a medida que aumenta el grado de colonización, se va favoreciendo el crecimiento de las plantas de papaya (Cuadro 1). En este mismo sentido en la Figura 1 (D) se observa que al tiempo 5 DDT se tiene presencia de hifas en las raíces de las plantas por lo cual podría hipotetizarse que la colonización puede estar dando antes de los cinco DDT (T1) por lo cual sería conveniente implementar un estudio más detallado para determinar con precisión cuanto tiempo es requerido para el inicio de la colonización en raíces de papaya.

Cuadro 1. Comportamiento del crecimiento de plantas de papaya en la altura de planta por efecto de la inoculación de HMA a través del tiempo.

Tratamiento	Inoculo HMA	Altura de planta (mm) en diferentes DDT			
		10	15	20	25
1	CM	ND	ND	ND	ND
2	CM	59.40 b	ND	ND	ND
3	CM	65.25 ab	70.86 ab	ND	ND
4	CM	74.24 ab	77.09 ab	82.64 ab	ND
5	CM	61.27 ab	65.29 b	70.18 b	74.86 b
6	CM	67.34 ab	73.98 ab	79.27 ab	82.80 ab
7	CM	77.05 a	83.46 a	90.38 a	92.08 a
8	CM	69.16 ab	73.29 ab	77.01 ab	86.10 ab
9	CM	74.61 ab	76.77 ab	82.20 ab	85.48 ab
10	CM	69.49 ab	74.72 ab	81.16 ab	87.81 ab
11	CM	68.85 ab	73.68 ab	80.38 ab	82.12 ab
12	Sin HMA	70.89 ab	76.13 ab	82.09 ab	85.63 ab

CM = consorcio de HMA. HMA = Hongo micorrízico arbuscular, ND = No determinado. DDT = Días después del trasplante. ND = No determinado. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según Tukey ($P \leq 0.05$).

Cuadro 2. Comportamiento del crecimiento de plantas de papaya por efecto de la inoculación de HMA a través del tiempo en plantas de papaya a los 45 DDT.

Tratamiento	Inoculo HMA	AP	DT	NH	PCM
		(mm)			
7	CM	125.36 a	4.77 a	ab	34.02
8	CM	116.63 a	4.81 a	a	ND
9	CM	114.86 a	4.54 a	c	ND
10	CM	124.56 a	5.31 a	abc	ND
11	CM	110.00 a	4.34 a	bc	ND
12	Sin HMA	113.59 a	4.42 a	bc	ND

Altura de la planta (AP), Diámetro del tallo (DT), Número de hojas (NH), Porcentaje de colonización micorrízica (PCM), CM = consorcio de HMA. HMA = Hongo micorrízico arbuscular, ND = No determinado. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Conclusiones

Se presentó colonización desde el primer muestreo, el cual se realizó a los 5 DDT, lo que indica que una vez inoculada la planta, el HMA se asocia a las raíces, colonizándolas rápidamente. Debido a la tendencia que siguieron las variables de respuesta, se determina que existe relación entre el grado de colonización y la evolución en el crecimiento de las plantas, ya que a partir de que se observaron las primeras estructuras de los HMA, se presentó un incremento mayor en casi todos los tratamientos. Como recomendación, se podrían realizar muestreos desde el primer día después del trasplante, esto para determinar con mayor precisión el tiempo que tardan los HMA en colonizar.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó bajo el apoyo del proyecto MICH-2010-03-148208 del FOMIX-Gobierno del estado de Michoacán-CONACYT.

Bibliografía

- Alarcón A., Davies F.T.J., Egilla J.N., Fox T.C., Estrada-Luna A.A. and Ferrera-Cerrato, R. 2002. Short term effects of *Glomus claroideum* and *Azospirillum brasilense* on growth and root acid phosphatase activity of *Carica papaya* L. under phosphorus stress. *Revista Latinoamericana de Microbiología* 44: 31-37.
- Aseri G.K., Jain N., Panwar J., Rao A.V. and Meghwal P.R. 2008. Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of Pomegranate (*Punica granatum* L.) in Indian Thar Desert. *Sci. Hortic.* 117: 130-135.
- Azcón-Aguilar C. and Barea J.M. 1997. Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: significance and potentials. *Scientia Horticulturae* 68: 1-24.
- Barrera B.S.E. 2009. El uso de hongos micorrízicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. *Rev. Bio. Agro.* 7: 123-132.
- FAO (Food and Agriculture Organization) 2011. Statistical Database Internet. <http://faostat.fao.org/site/535/DesktopDefault.aspx?PageID=535#ancor>. Fecha de consulta: 14/08/13.
- Gerdemann J.W. and Nicolson T.H. 1963. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 46: 235-244.
- Isola O.T. 1998. Effect of cassava planting pattern, pruning regimes and fertilizer on growth and yield of cassava, maize melon and cowpea. Ph.D. Thesis, University of Ibadan, Nigeria.
- Jaén C., D., A. E. Becerril R., Ma. T. Colinas L., y J. A. Santizo R. 1997. Crecimiento y producción de fresa inoculada con *Glomus mosseae*, asperjada con AG3 y fertilizada con NPK. *Agrociencia*. 31: 165-169.
- Kaya C., D. Higgs, H. Kirnak and I. Tas. 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: 287-292.
- Makus D.J. 2004. Mycorrhizal inoculation of tomato and onion transplants improves earliness. *Acta Horticulturae* 631: 275-281.
- Melchor-Marroquín J.I. 2012. Uso de endomicorrizas para acelerar el desarrollo de plantas de cítricos in vitro.
- Nakasone H.Y. and Paull R.E. 1998. *Tropical Fruits*. First ed. CAB International, Wallingford. U.K.
- Phillips J.M. and Hayman D.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment to infection. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 55: 158-161.
- Pereira G., Sánchez M., Ríos D. y Herrera M.A. 2001. Micorrizas vesículo arbusculares y su incidencia en el crecimiento de plántulas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. *Bosque* 22: 39-44.
- Quiñones-Aguilar E.E., Hernández-Acosta E., Rincón-Enríquez G. y Ferrera-Cerrato R. 2012. Interacción de hongos micorrízicos arbusculares y fertilización fosfatada en papaya. *Terra Latinoamericana* 30: 165-176.
- Téliz O.D. y Mora A.A. 2007. El manejo integrado del aguacate. *En: Téliz O.D. y Mora A.A. (eds.). El Aguacate y su Manejo Integrado*. Segunda Edición, Ediciones Mundi-prensa, México. pp 287-306.
- Varela L. y D. Trejo 2001. Los Hongos micorrizógenos arbusculares como componentes de la biodiversidad del suelo en México. *Acta Zoológica Mexicana* 1: 39-51.

BACTERIAS ENTEROPATÓGENAS EN MUESTRAS DE SUELO Y AGUA EN HUERTOS DE GUAYABA DE LA REGIÓN DE CALVILLO, AGUASCALIENTES

Gallegos Robles, M.A.^{1*}; Sánchez Lucio, R.¹; González Gaona, E.²; Salazar Sosa, E.¹; Vázquez Vázquez C.¹; Orona Castillo, I.¹; García Hernández, J.L.¹

¹ Facultad de Agricultura y Zootecnia-Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Pal., Dgo. México.

² INIFAP-C. E. Pabellón, Aguascalientes. México.

*Autor responsable: garoma64@hotmail.com; Calle: Sierra de Guadaluca Núm. 660, Col. Residencial del Nazas, Torreón, Coahuila, México. CP 27084; Tel. +52(871)-754-1643

Resumen

En México se comercializan 260 mil toneladas de guayaba para el consumo en fresco, lo cual representa el 85%, con los principales mercados en la ciudad de México, Guadalajara y Monterrey con un mercado potencial de 40 millones de personas; el resto de la producción se dedica a la agroindustria en pequeñas fábricas cerca de las zonas de producción. Dada la importancia de este cultivo, el objetivo de este estudio fue detectar la presencia de *E. coli*, *Salmonella* y *Shigella* en muestras de suelo y agua en huertas productoras de guayaba con diferente grado de aplicación de los SRRC. El estudio se realizó en los meses de octubre a diciembre del 2012. Se seleccionaron nueve huertos y en cada uno se tomaron muestras de suelo de los cajetes de 3 árboles seleccionados al azar, se tomaron muestras de agua (100 ml) del pozo de riego, de la salida de la manguera de riego o de algún almacén o depósito presente en las huertas. Todas las muestras se transportaron en hieleras con gel congelado y se almacenaron en refrigerador a 4 °C hasta su análisis microbiológico. Se siguieron las metodologías propuestas por el USDA/FSIS (2011), US-FDA (2002) y US-FDA (2001) respectivamente para *Salmonella*, *E. coli* y *Shigella*. Los resultados microbiológicos señalan la presencia de los tres géneros bacterianos, en las muestras de suelo de huertas con niveles avanzados e intermedios. En las muestras de agua solamente *E. coli* se detectó en una huerta con nivel avanzado.

Palabras clave: Patógenos; suelo; agua

Introducción

La guayaba se cultiva en más de 20 estados de la República Mexicana (Padilla *et al.*, 2012a) con una superficie plantada de 22 mil ha y una producción anual de 305 mil toneladas (SIAP- SAGARPA, 2010), concentrándose la mayor parte de la producción en los estados de Michoacán, Aguascalientes y Zacatecas con el 89% de la superficie y una aportación del 93% de la producción. A nivel nacional se considera un rendimiento promedio de 13 ton ha⁻¹ (Padilla *et al.*, 2012b) y la mayoría de los productores de guayaba de Calvillo, Aguascalientes, obtienen producciones de 18 a 20 ton ha⁻¹, aunque se han obtenido producciones de hasta 40 ton ha⁻¹ alcanzados a nivel comercial y experimentalmente con la incorporación de altas densidades, material genético homogéneo y poda de freno. Se considera que los bajos rendimientos son debidos a la aplicación de técnicas obsoletas o la aplicación reactiva y no con base en muestreos o calendarios técnicos. En México se comercializan 260 mil toneladas para el consumo en fresco, lo cual representa el 85%, con los principales mercados en la ciudad de México, Guadalajara y Monterrey con un mercado potencial de 40 millones de personas; el resto de la producción se dedica a la agroindustria en pequeñas fábricas cerca de las zonas de producción (Padilla *et al.*, 2012a) En 2008 los productores de guayaba de México

empezaron a exportar guayaba en fresco hacia los EE.UU., después de 15 años de una campaña regional en la zona de Calvillo-Cañones y de un tratamiento cuarentenario con irradiación. De tal manera que para finales del 2011 se mencionaba un volumen total de 15 mil toneladas exportadas a los EE.UU. (Padilla *et al.*, 2012a). Una amplia gama de productos frescos se ha relacionado con brotes de *E. coli* y *Salmonella*, como los melones, la albahaca, la lechuga, tomates o guayaba (FAO, 1996). En México Las infecciones gastrointestinales son enfermedades muy comunes causadas por enterobacterias, como *Salmonella sp.*, *Shigella sp.*, y cepas patógenas de *Escherichia coli*, estos patógenos pueden ser acarreados por diversos componentes dentro de la cadena de producción de guayaba. Las empacadoras de guayaba son las principales empresas que tienen implementados los sistemas de reducción de riesgos de contaminación (SRRC) y que están certificadas ante el SENASICA en SRRC. Sin embargo, en los huertos falta aún mucho por hacer al respecto. Se está tratando de conquistar el interés de los productores a través de la divulgación, sensibilización y capacitación en inocuidad para implementar el Buen Uso y Manejo de Agroquímicos, las Buenas Prácticas Agrícolas y de Higiene. Con la finalidad de conocer los géneros bacterianos presentes en huertos de guayaba con diferente grado de avance en los SRRC, se estableció el presente estudio.

Materiales y Métodos

Considerando que los SRRC son medidas y procedimientos establecidos por la Secretaría en normas oficiales mexicanas y demás disposiciones legales aplicables para garantizar que, durante el proceso de producción primaria, los vegetales obtienen óptimas condiciones sanitarias al reducir la contaminación física, química y microbiológica a través de la aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas, por lo anterior, el criterio de inclusión de las huertas en este estudio fue con base al nivel de aplicación de SRRC (huertas certificadas, huertas en proceso de certificación y huertas no certificadas, en el uso de los SRRC). El estudio se realizó en los meses de octubre a diciembre del 2012. Se seleccionaron nueve huertos, auxiliándose de la experiencia de los asesores de la SAGARPA para el establecimiento de los programas de Inocuidad Alimentaria en la zona productora de Calvillo, Aguascalientes. De cada localidad se obtuvieron las coordenadas geográficas mediante un GPS marca Etrex con aproximación a 7 m. y se tomaron fotografías digitales del proceso. En cada huerto se tomaron muestras de suelo de los cajetes de 3 árboles seleccionados al azar y se tomaron muestras del agua (100 ml) del pozo de riego, de la salida de la manguera de riego o de algún almacén o depósito presente en las huertas. Todas las muestras se transportaron en hieleras con gel congelado y se almacenaron en refrigerador a 4 °C hasta su procesamiento que se realizó dentro de las 18 horas después de la toma, dichas muestras se procesaron en el Lab. de Biotecnología de la Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del estado de Durango.

Análisis microbiológico para *Salmonella*

Se siguió la metodología propuesta por el USDA/FSIS (2011). Brevemente: 25 gr y/o 25 ml de muestra se incubaron en 225 ml de Agua Peptonada Bufferada (BPW) a 35 ± 2 °C por 24 h. Después se pasó a caldo de Tetratiato (TT) y a caldo Rappaport- Vassiliadis(RV) y se incubaron a 42 ± 0.5 °C por 24 h. Enseguida se pasaron a agar Verde Brillante con sulfadiacina (BGA) y agar Lisina doblemente modificado (DMLIA) y se incubaron a 35 ± 2 °C por 18 a 48 h. Las pruebas bioquímicas se realizaron en agar triple azúcar hierro (TSI) y agar hierro lisina (LIA) incubándose a 35 °C por 18-24 h.

Análisis microbiológico para *E. coli*

Se siguió la metodología propuesta por el US-FDA (2002). Brevemente: se procesaron 0.25 gr y/o 25 ml de muestra, se incubaron en 225 ml de Caldo ECm con novobiocina y se incubaron a 35 °C por 18 a 24 h. Después se incubaron en Agar MacCokey-Sorbitol-CT y Agar EMB a 35 °C por 18 horas y se seleccionaron las colonias no fermentadoras.

Análisis microbiológico para *Shigella*

Sgún el método propuesto por el US-FDA (2001): 25.0 g y/o 25 mL de muestra se adicionaron en 225 mL de caldo de soya tripticasa con extracto de levadura (TSYE). Esta suspensión se dejó por 10

minutos a temperatura ambiente, agitándose periódicamente. El sobrenadante se vertió en un matraz y se incubó de 20-24 h a 35-37 °C. De aquí se pasó a agar MacConkey y se incubó por 20 h a 35 °C. Las colonias de *Shigella* son ligeramente rosadas y translúcidas, con o sin bordes ásperos.

Resultados y Discusión

Los tres géneros bacterianos bajo estudio fueron detectados en los huertos de guayaba de Calvillo, Aguascalientes (Cuadro 1). En las muestras de suelo e independientemente del grado de avance en los SRRC la bacteria que se detectó en mayor proporción fue *Shigella* (22%) seguido de *E. coli* y *Salmonella* con una proporción igual de 11%. En las muestras de agua e independientemente del grado de avance en los SRRC, los tres géneros se detectaron en la misma proporción (12.5%). La presencia de patógenos en los sistemas de producción agrícolas y pecuarios, es casi seguro que ocurra, pues no se tiene un control de la fauna silvestre presente en las áreas productivas. No existe un consenso claro sobre las especies silvestres que son portadoras consistentes de *Salmonella*. En un estudio similar, los gorriones, cuervos y rascadores, así como los jabalíes, coyotes, venados, alces, zarigüeyas y mofetas, todos resultaron positivos al cultivo de *E. coli*, mientras que los ratones, conejos, zorra manglera, ardillas, mirlos, gansos, ánades reales y estorninos dieron negativo a la *Salmonella* (Gorski *et al.*, 2011). Por tanto, las intrusiones de animales silvestres o domésticos en el área de producción pueden aumentar el riesgo de contaminación de los productos, pero el alcance del aumento en el riesgo es difícil de cuantificar.

Cuadro 1. Detección de bacterias enteropatógenas asociadas a huertos de guayaba con diferente grado de avance en la implementación de los SRRC en la región de Calvillo, Aguascalientes.

Grado/ Localidad	Suelo			Agua		
	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella</i>	<i>Shigella</i>	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella</i>	<i>Shigella</i>
Avanzado						
La Mesa	0/3	0/3	0/3	2/2	0/2	0/2
La Cañada	0/3	2/3	2/3	0/2	0/2	0/2
Loma alta1	1/3	0/3	0/3	0/2	0/2	0/2
Subtotal	1/9	2/9	2/9	2/6	0/6	0/6
Intermedio						
Loma alta2	1/3	0/3	1/3	-	-	-
El Zapote	0/3	1/3	1/3	0/2	0/2	0/2
Cuestecitas	0/3	0/3	0/3	0/2	0/2	1/2
Subtotal	1/9	1/9	2/9	0/4	0/4	1/4
No incluidos						
La Quilihua	1/3	0/3	0/3	0/2	2/2	0/2
Los Halcones	0/3	0/3	1/3	0/2	0/2	0/2
La Katana	0/3	0/3	1/3	0/2	0/2	1/2
Subtotal	1/9	0/9	2/9	0/6	2/6	1/6
Total	3/27	3/27	6/27	2/16	2/16	2/16

En relación con el grado de avance en los SRRC y en las muestras de suelo, *Salmonella* se detectó en mayor proporción (22%) en una huerta con grado avanzado (La Cañada); con una proporción de 11% en una huerta con grado intermedio (El Zapote) y no se detectó en las huertas no inscritas en los SRRC. Respecto a *E. coli*, ésta se detectó en igual proporción (11%) en los tres grados de SRRC (localidades: Loma alta1- grado avanzado, Loma alta2- grado intermedio, La Quilihua- no inscrita). Igualmente, *Shigella* se detectó en proporción igual (22%) en los tres grados de SRRC (localidades: La Cañada- grado avanzado, Loma alta2 y el Zapote- grado intermedio, Los Halcones y La Katana- no inscritas). Estos resultados tienen incongruencia con el propósito de los SRRC (SAGARPA-SENASICA, 2010) pues era de esperarse que en las huertas inscritas en los SRRC no se presentara contaminación microbiológica, lo cual puede significar que en éstas huertas no se están siguiendo las recomendaciones para el reconocimiento y certificación de los SRRC en la

producción primaria de alimentos de origen agrícola. En relación con el grado de avance en los SRRC y en las muestras de agua, *Salmonella* se detectó únicamente en una huerta (La Quilihua) no incluida en los SRRC con una proporción de 12.5%, y no se detectó en las huertas con grado avanzado e intermedio. Respecto a *E. coli*, ésta se detectó en proporción de 33% únicamente en una huerta de grado avanzado (La Mesa); *Shigella* se detectó en proporción de 25% en una huerta (Cuestecitas) de nivel intermedio. Gorski *et al* (2011) mencionan que en California, ~3% de las muestras de agua de superficie dieron positivo para *E. coli*, y más del 7% dio positivo para *Salmonella*. En el sureste de los E.U. (Carolina del Norte, Georgia, y Florida), los casos de aislamiento de *Salmonella* de las muestras de agua de superficie es casi de una magnitud mayor que en California (Rajabi *et al.*, 2011). Por lo tanto, dependiendo de la región de producción, el uso de las aguas superficiales no tratadas para la irrigación de cultivos o limpieza de productos plantea un riesgo significativo de seguridad. Aunque la mayoría de las cepas de *E. coli* no causan enfermedades, es un organismo que los gerentes de calidad de agua usan para medir la contaminación fecal (Perry, 2011). Cuando *E. coli* se encuentra en el agua superficial, el escurrimiento agrícola o urbano normalmente es la fuente. Pero la fuente de la bacteria también puede ser la fauna silvestre, los tanques sépticos agujereados, o aun el equipo de riego, así que es necesario saber más sobre las fuentes de *E. coli* en el ambiente (USDA-ARS, 2011).

Conclusiones

Aunque es posible que se prosiga con las recomendaciones para el reconocimiento y certificación de los SRRC en la producción primaria de alimentos agrícolas en las huertas con grado avanzado e intermedio, especial énfasis debe hacerse en el control de ingreso y/o presencia de fauna doméstica y silvestre, y evitar que con sus desechos contaminen el suelo y fuentes de agua.

Agradecimientos

A la Facultad de Agricultura y Zootecnia-UJED, Sistema Producto Guayaba de Estado de Aguascalientes, CESV, INIFAP – Campo Experimental Pabellón de Arteaga, Aguascalientes.

Bibliografía

- FAO. 1996. Declaración de Roma sobre la Seguridad Alimentaria Mundial. Plan de Acción de la Cumbre Mundial sobre la alimentación. Roma, Italia, 13-17 de Noviembre 1996.
- Gorski L., C.T. Parker, A. Liang, M.B. Cooley, M.T. Jay-Russell, A.G. Gordus, E.R. Atwill and R.E. Mandrell. 2011. Prevalence, distribution, and diversity of *Salmonella enterica* in a major produce region of California. *Appl Environ Microbiol* 2011, 77(8):2734-2748.
- Padilla R.J.S., E. González-G y J. Ambriz. 2012a. International Market of Fresh and Processed guava: Challenges and Perspectives for the Mexican case. *Acta Horticulture* 959: 15- 21.
- Padilla, R.J.S., E. González-G., M.H. Pérez-B., J.A. Osuna-G., C. de J. Cortés-P., N.E. Maldonado-S. y T. Sánchez-R. 2012b. Aplicación de Paclobutrazol “PBZ” y fertirriego en la producción de guayaba. XXV Curso de Actualización frutícola. Fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX, Coatepec Harinas Edo de México. p. 6 - 17.
- Perry A. 2011. *E. coli*: Alive and Well, Probably in a Streambed Near You. *Agricultural Research Magazine* Vol. 59, No. 6.
- Rajabi M., M. Jones, M. Hubbard, G. Rodrick and A.C. Wright. 2011. Distribution and genetic diversity of *Salmonella enterica* in the Upper Suwannee River. *International Journal of Microbiology* Vol. 2011:461321.
- SAGARPA-SENASICA. 2010. Anexo Técnico 1. Requisitos generales para el reconocimiento y certificación de sistemas de reducción de riesgos de contaminación en la producción primaria de alimentos de origen agrícola. <http://www.senasica.gob.mx/?doc=15261>
- SIAP-SAGARPA. 2010. www.siap.sagarpa.gob.mx. Página Web consultada el 15 de Diciembre de 2010.
- US-FDA. 2001. *Bacteriology Analytical Manual BAM*. Chapter 6. *Shigella*
- US-FDA. 2002. *Bacteriology Analytical Manual BAM*. Chapter 4. Enumeration of *Escherichia coli* and the Coliform Bacteria
- USDA/FSIS. 2011. *Laboratory Guidebook MLG 4.05*.

EFECTO DEL TRATAMIENTO ALCALINO EN LA INACTIVACIÓN DE COLIFAGOS PRESENTES EN BIOSÓLIDOS

Hernández Rodríguez, P.X.¹; Fernández Luqueño, F.²; Rosas Morales, M.¹; Ríos Cortés, A.M.¹; López Valdez, F.^{1*}

¹ Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada. Instituto Politécnico Nacional. Tepetitla de Lardizábal, Tlaxcala. México.

² CINVESTAV-IPN. Saltillo, Coahuila. México.

* Autor responsable: flopez2072@yahoo.com. Carr. Est. Sta. Inés Tecuexcomac - Tepetitla km 1.5, Tepetitla de Lardizábal, Tlax. 90700. México. Tel.: 01 (55) 5729-6000, ext. 87805.

Resumen

Los biosólidos son desechos que se caracterizan por un alto contenido de materia orgánica, particularmente nitrógeno mineral y orgánico, así como minerales que pueden ser benéficos para crecimiento y desarrollo de las plantas; también estos biosólidos se pueden aplicar como mejoradores de suelo. Sin embargo, frecuentemente presentan altos contenidos de organismos patógenos que son un riesgo para la salud. Estos biosólidos podrían emplearse en forma segura después de someterse a procesos de estabilización. Su aplicación se encuentra condicionada por la presencia de organismos patógenos presentes en éste. La aplicación de los biosólidos a suelos agrícolas puede representar una contaminación microbiana para los cultivos, lo que implica un riesgo sanitario para las personas que consuman dichos cultivos. Dentro de los organismos patógenos se encuentran los virus, como los enterovirus y bacteriófagos, entre otros. La concentración de colifagos en los biosólidos puede alcanzar hasta 7.3×10^8 UFP g^{-1} ST, superando los límites establecidos por la United States Environmental Protection Agency (US EPA) para su aplicación en suelos agrícolas sin restricción. El objetivo de este trabajo fue evaluar la inactivación de los virus colifagos presentes en biosólidos (clase B) como organismos indicadores, mediante estabilización alcalina. Se monitoreó la concentración de virus (colifagos F+) durante 15 y 45 días en dos temporadas (fría y cálida). Los resultados obtenidos mostraron que la cal viva al 10% elevó el pH a 12 al momento del contacto. Se logró una disminución en la cuenta de colifagos hasta niveles no cuantificables ($< 1/4$ UFP), obteniendo los niveles establecidos por la US EPA para un biosólido "clase A" desde el día 0 de contacto para ambas temporadas.

Palabras clave: Biosólidos; Inactivación de colifagos; Tratamiento alcalino

Introducción

Los biosólidos se caracterizan por tener altas concentraciones de materia orgánica, N, P, minerales e incluso agua, por lo que contribuyen al mejoramiento y acondicionamiento del suelo. Un suelo enmendado con biosólidos puede conservar la humedad por más tiempo e incrementar la disponibilidad de nitrógeno y fósforo (Jurado et al., 2007), entre muchos otros beneficios. Sin embargo, cuando los biosólidos están fuera de los límites permisibles, es decir, con alto contenido de microorganismos patógenos, puede representar un serio problema ambiental, para la agricultura y la salud pública. Dentro de los principales organismos patógenos se encuentran las bacterias, helmintos (huevos) y enterovirus. Estos últimos, constituyen un amplio grupo de virus que afectan al hombre y a

los animales. Debido al alta tasa de bacteriófagos en los lodos y tomando en cuenta su similar morfología a los virus entéricos, estos organismos han sido propuestos como indicadores ideales de enterovirus (Grabow, 1978). Los colifagos han sido identificados como uno de los más tolerantes a la temperatura sobre otros indicadores virales y son organismos útiles para evaluar la eficacia de las tecnologías de tratamiento para eliminar los virus enteropatógenos humanos potenciales (por ejemplo, rotavirus y calicivirus). En los últimos años se ha puesto mayor atención a los bacteriófagos capaces de infectar *E. coli*, debido a la naturaleza específica fecal de esta especie (Havelaar and Hogeboom, 1983). La inactivación de los virus ha sido estudiada en un número limitado de casos. Es por ello que el objetivo de este estudio fue evaluar la inactivación de los virus colifagos presentes en biosólidos (clase B) mediante estabilización alcalina.

Materiales y métodos

Muestreo y caracterización

Las muestras de biosólidos se obtuvieron de la planta de tratamiento de aguas residuales RECICLAGUA, S.A de C.V. (Estado de México, México). Se muestrearon seis kilogramos de biosólido asépticamente en bolsas de plástico después de pasar por el filtro de banda, y fueron almacenados en refrigeración a 4 °C, para su inmediata caracterización; realizando los experimentos de forma inmediata. El biosólido se caracterizó en términos de pH, humedad, conductividad eléctrica y nitrógeno total. Los colifagos se cuantificaron en unidades formadoras de placas (UFP).

Cuantificación de colifagos

Método de dos capas de agar de acuerdo a la APHA, AWWA, WPCF (1995). Para la cuantificación de colifagos (UFP g⁻¹ST) se utilizó como hospedero a *Escherichia coli* en un medio de agar bacteriológico suave. El agar suave solidifica sobre una primera capa de agar nutritivo y se incubó a 37 °C por un período de 12 a 16 h. La técnica consiste en cuantificar las placas formadas correspondientes a los fagos presentes en la muestra inoculada.

Tratamiento

Se realizaron dos experimentos por duplicado, el primero se estableció durante el mes de diciembre (temporada fría) y el segundo, durante el mes de marzo (temporada cálida). Se realizaron dos tratamientos, uno alcalino (CaO, al 10% m/m) y el tratamiento control (sin CaO), bajo condiciones de invernadero. Se colocó 1 kg de biosólido en recipientes de plástico (de 0.30 x 0.25 x 0.12 m) y se agregaron 100 g de CaO. En el primer experimento, el periodo de exposición al tratamiento fue de 15 días, en el segundo experimento fue de 45 días, considerando el día de aplicación como el día 0. La cuantificación de los colifagos se realizó a los 0, 5 y 15 días para la temporada fría; y a los 0, 5, 10, 15, 30 y 45 días para la temporada cálida. Las variables de respuesta fueron los colifagos (UFP g⁻¹ ST), el pH, la temperatura de reacción, la temperatura ambiente y el contenido de agua (% m/m). Todas las mediciones se realizaron por triplicado.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados por medio de una comparación de medias usando la prueba LSD, con un nivel de significancia de 0.05. El análisis se realizó utilizando el paquete SAS versión 9.0 (SAS Institute Inc., 1989).

Resultados y discusión

Las características fisicoquímicas de los biosólidos se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Caracterización de los biosólidos.

Característica fisicoquímicas	
pH	8.1
Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	11.04
Contenido de agua (g kg ⁻¹)	853
Nitrógeno total (g kg ⁻¹)*	69.02

* Base seca

La concentración promedio inicial para colifagos fue de 7.26×10^8 UFP g⁻¹ ST. De acuerdo a los resultados, los biosólidos presentaron características microbiológicas (clase B) según los límites establecidos por la US EPA (2003), por lo que el biosólido presenta restricciones para su aplicación a suelos agrícolas, por lo que es conveniente un proceso para la reducción de estos organismos patógenos que permita el aprovechamiento de los biosólidos sin riesgos, amigable para los sectores ambiental, agrícola, económico y social.

Se realizaron dos tratamientos, uno adicionado con álcali (CaO) y el tratamiento control. La adición del álcali aumentó la temperatura del biosólido, registrándose 33 °C en la temporada fría y 38 °C para la temporada cálida, durante la primera hora de contacto. Posteriormente, disminuyó la temperatura a 24 °C (temporada fría) y 31 °C (temporada cálida), permaneciendo constante a partir de las tres horas posteriores a la adición del CaO, para ambas temporadas. En el tratamiento alcalino, se elevó el pH del biosólido a 12 unidades al momento del contacto con la cal viva y permaneció por encima de este valor por 72 horas, independientemente de la temporada fría o cálida. El incremento del pH fue el principal factor relacionado con la reducción de los colifagos. La temperatura alcanzada por la adición del óxido de calcio no tuvo efecto sobre los virus, debido a que se encuentra en niveles tolerables por los colifagos y/o su bacteria huésped, donde este último es un organismo mesófilo, cuyas temperaturas de crecimiento varían entre 10 °C y 55 °C, y su temperatura ideal de crecimiento es de 37 °C (Castillo *et al.*, 2005).

Los resultados en la reducción de los bacteriófagos durante el tiempo de exposición se observan en las figuras 1 y 2.

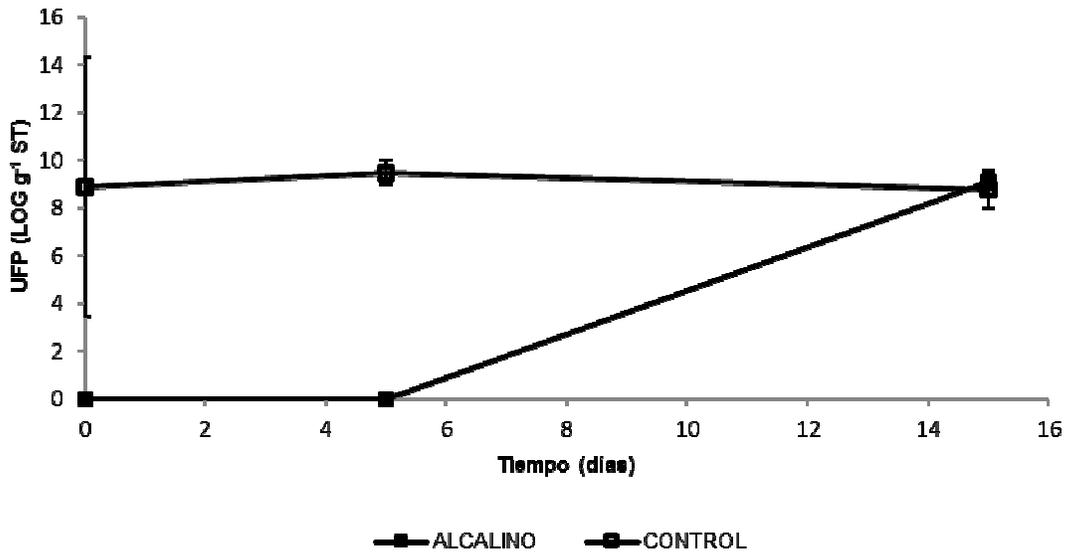


Figura 1. Inactivación de colifagos durante la temporada fría.

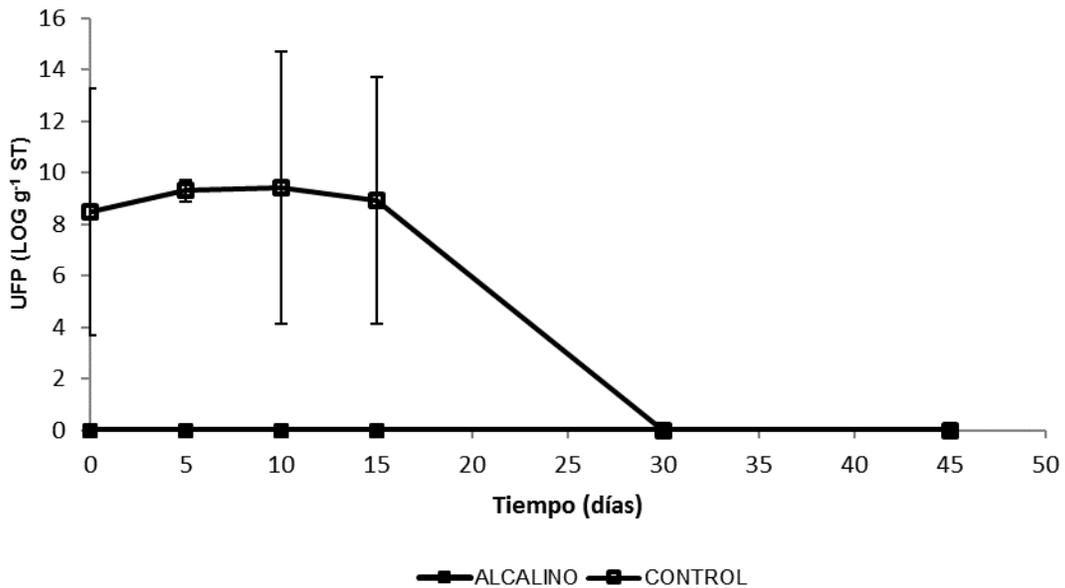


Figura 2. Inactivación de colifagos durante la temporada cálida.

La utilización de cal viva afectó considerablemente las poblaciones de colifagos, que disminuyeron a niveles no cuantificables, alcanzando un biosólido de “clase A” a partir del día 0 de contacto en ambas temporadas. Durante la temporada fría, el efecto persistió por aproximadamente 8 días. Para el día 15, se observó un aumento en la cuenta viral e incluso mayor que la inicial. El aumento de la cuenta de bacteriófagos en el tratamiento alcalino es debido a que se presentaron aparentemente

condiciones favorables para la re-población de colifagos, temperatura y contenido de agua de 33 °C y 14.6%, respectivamente. En la temporada cálida, el biosólido se mantuvo estabilizado durante los 45 días del experimento.

Si bien es cierto que la adición del álcali fue el principal factor de reducción de la cuenta de virus, el aumento puede estar directamente relacionado con la temperatura, el contenido de agua y la posible disminución del pH a lo largo del experimento. Grabow *et al.* (1978) encontraron que el número de colifagos se redujo extensivamente a pH 11.2 y que la eficiencia en cuanto a la reducción de los virus fue mucho menor a niveles de pH más bajos, encontrando que las bacterias coliformes (huésped) pueden multiplicarse incluso durante el tratamiento con cal a pH 9.6.

Por otro lado, se observó una relación entre la disminución de bacteriófagos y el aumento de la temperatura ambiental, dado que en la temporada fría se alcanzaron temperaturas máximas de 33 °C, en donde no se observaron diferencias significativas durante el experimento, mientras que en la temporada cálida se alcanzaron los 55 °C, manteniéndose entre los 50 °C y 55 °C. En el tratamiento no alcalino (control), el día 10 es significativamente diferente con respecto a los otros días (Cuadro 3), en donde se observó un aumento en la cuenta del día 0 al 5, alcanzando un máximo a los 10 días y disminuyendo significativamente para el día 30 ($p < 0.05$).

Cuadro 3. Comportamiento de la cuenta viral en el tratamiento alcalino y el control durante la temporada cálida.

DIA	ALCALINO	NO ALCALINO	LSD
	VIRUS / UFP g ⁻¹ ST		
0	0.1 A ^a a ^b	4.84×10 ⁸ BC a	5.93×10 ⁸
5	0.1 A b	2.46×10 ⁹ AB a	2.08×10 ⁹
10	0.1 A b	4.80×10 ⁹ A a	3.63×10 ⁹
15	0.1 A a	5.82×10 ⁸ BC a	7.42×10 ⁸
30	0.1 A b	0.1 C a	0
45	0.1 A b	0.1 C a	0
LSD	0	2.36×10 ⁹	

^a Valores con la misma letra mayúscula no tienen diferencia significativa sobre el tiempo,

^b Valores con la misma letra minúscula no tienen diferencia significativa entre tratamientos.

Los resultados mostraron que el tratamiento alcalino bajo las condiciones establecidas para estos experimentos, tuvieron efecto sobre las poblaciones de los colifagos, siendo determinantes en la reducción de la cuenta viral y en la estabilidad del biosólido.

Conclusiones

La estabilización alcalina puede ser efectiva para la inactivación de colifagos, bajo las condiciones establecidas para estos experimentos. El aumento en la cuenta de virus en la temporada fría puede estar relacionada con la adaptación de éstos al pH y que las condiciones ambientales resultaron aparentemente favorables para su multiplicación. La reducción en la cuenta de colifagos en el tratamiento control durante la temporada cálida, podría estar relacionada con la vulnerabilidad de los virus a temperaturas ambientales superiores a los 50 °C.

Agradecimientos

Al IPN por el apoyo del Proyecto SIP 20131504. A CONACYT por la beca de P.X.H.-R.

Bibliografía

- APHA, AWWA, WPCF. 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington, D.C.
- Bean, C.L., J.J. Hansen, A.B. Margolin, H. Balkin, G. Batzer y G. Widmer. 2007. Class B Alkaline Stabilization to Achieve Pathogen Inactivation. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 4(1): 53-60.
- Castillo, R.F., R.M.D. Roldán, P.R. Blasco, R.M.J. Huertas, D.F.J. Caballero, C. Moreno-Vivián, y M.M. Luque-Romero. 2005. *Biología ambiental*. Ed. Tébar, S.L. Madrid, España.
- Grabow, W.O.K., I.G. Middendorff y N.C. Basson. 1978. Role of lime treatment in the removal of bacteria, enteric viruses, and coliphages in a wastewater reclamation plant. *Applied and Environmental Microbiology* 35 (4): 663-669.
- Havelaar, A.H. y W.M. Hogeboom. 1983. Factors affecting the enumeration of coliphages in sewage and sewage-polluted waters. *Antonie van Leeuwenhoek* 49: 387-397.
- Jurado, P., T. Arredondo, E. Flores, V. Olalde y J. Frías. 2007. Efecto de los biosólidos sobre la humedad y los nutrientes del suelo y la producción de forraje en pastizales semiáridos. *TERRA Latinoamericana* 25(2): 211-218.
- SAS Institute Inc. 1989. *SAS/STAT User's Guide, Version 6, Fourth Edition, Volume 1*. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). 2003. Control of pathogens and vector attraction in sewage sludge under 40 CFR part 503. Office of Water / Office Science and Technology Sludge / Risk Assessment Branch. Washington. 173 p.

EVALUACIÓN DE BIOFERTILIZANTES EN DOS CICLOS PRODUCTIVOS DE CAÑA DE AZÚCAR *Saccharum officinarum*

Mata Vázquez, H^{1*}, Vázquez García, E¹, Alejandro Allende, F²

¹Campo Experimental Las Huastecas - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Altamira, Tamaulipas. México.

²Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca. Tantoyuca, Veracruz. México.

*mata.horacio@inifap.gob.mx; Calle: Privada rio Suchiate; Núm. 106; Col. Nicolás Bravo Infonavit, Ciudad Mante, Tamaulipas. México. CP 89860; Tel. 8312376472

Resumen

En el estado de Tamaulipas, desde el punto de vista agrícola, social y económico, del cultivo de caña depende un amplio sector de la economía de los municipios de Mante y Xicoténcatl, por lo que el presente trabajo de investigación se llevó a cabo con el objetivo de evaluar el efecto de biofertilizantes en la producción de caña de azúcar durante dos ciclos productivos (planta y soca), establecido en la localidad La Unión del municipio de Mante, Tamaulipas, México. Se utilizó la variedad CP 72 2086, aplicando los tratamientos de Micorriza, Micorriza más *Azospirillum*, Micorriza más *Azotobacter*, Radix 3 g l.A. y Radix 6 g l.A. y Testigo. Los efectos de los biofertilizantes en el rendimiento, °brix, altura de corte y diámetro de tallo fueron analizados bajo un diseño bloques al azar con arreglo factorial 2 x 6 con tres repeticiones, en parcelas de 6 m². El efecto de rendimiento y diámetro de tallo mostró diferencias en la interacción corte por tratamientos, el cual aplicando micorriza registró un rendimiento promedio 102 t ha⁻¹, Radix 6 g l.A. 112 t ha⁻¹ y testigo con 114 t ha⁻¹. Los diámetros medios de 2.6 y 2.7 cm, en los tratamientos de micorriza y micorriza más *Azospirillum*. Las alturas de corte y los °brix fueron iguales, con promedios de 2 y 2.1 m; y con un promedio entre 23 y 25 °brix. La utilización de biofertilizantes puede ser una opción para complementar la fertilización inorgánica en la producción de caña de azúcar.

Palabras claves: Caña de azúcar; inoculación; biofertilizantes

Introducción

La caña de azúcar es un cultivo que ofrece gran oportunidad en un futuro inmediato para el buen desarrollo económico de Tamaulipas. Su producción actual en los municipios de Mante y Xicoténcatl se realiza principalmente en suelos arcillosos vertisoles con bajos contenidos de materia orgánica y con problemas de disponibilidad de fósforo y zinc, debido al pH cercano a 8 (Mata-Vázquez *et al.*, 2010). Por otra parte los precios de los fertilizantes van en aumento incrementando los costos de producción, factores que reducen la rentabilidad del cultivo y afectan negativamente la sostenibilidad de la producción agrícola, además de causar contaminación ambiental (Virmani, 1994). Debido a esta situación, se ha trabajado con nuevas alternativas para reducir los costos de producción, tales como los biofertilizantes. Vessey (2003), define biofertilizantes como una sustancia que contiene microorganismos aplicados a las semillas, al sistema radicular, etc., y de acuerdo a Mahajan *et al.*, (2003), estimulan el crecimiento de las plantas a través de la síntesis de sustancias promotoras de crecimiento para aumentar la disponibilidad de nutrientes y ser fácilmente asimilados por las plantas.

Los microorganismos con funciones específicas en la agricultura básicamente están compuestos por bacterias, hongos, algas, nematodos, protozoos y virus, pero la mayor parte de las investigaciones se centran principalmente en hongos y bacterias (Bowen y Rovira, 1999, Gryndler, 2000).

Las Bacterias promotoras de crecimiento vegetal destacan *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Beijerinckii*, *Paenibacillus* (Jiménez *et al.*, 2001). Haydee *et al.* (2007) corroboran que las rizobacterias han sido ampliamente difundidas como alternativas para reducir el uso de agroquímicos (fertilizantes y biocidas) con la finalidad de disminuir costos y contaminación ambiental. La fitohormona más importante producida por la bacteria *Azospirillum*, es la auxina ácido 3-indol-acético (AIA) (Kapulnik *et al.*, 1985; Okon y Kapulnik, 1986; Fallik, 1994), que promueven el desarrollo radicular (Ochoa-Bautista R. y Ortega-Rivas, 2009), lo mismo menciona (Morales, 2007) permitiendo mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes disponibles en el suelo y de los propios fertilizantes químicos aplicados.

La colonización de raíces por los hongos, siendo la más popular la micorriza vesículo-arbuscular (Morales, 2007), ha demostrado mejorar el crecimiento y la productividad de varios cultivos (Cavagnaro *et al.*, 2006; Javaid *et al.*, 1994). Además Morales (2007), informa que décadas de investigación muestran que también incrementan la tolerancia de las plantas a la sequía, compactación, altas temperaturas, metales pesados, salinidad, toxinas orgánicas e inorgánicas y cambios extremos de pH del suelo.

Los hongos micorrizas tienen la propiedad de producir una red de micelios, constituidos por filamentos celulares, explorando el suelo, diluyendo el fosfato de la roca y transfiriéndolo a la planta, aumentando la expansión de la raíz, y con ello, su capacidad para absorber agua y otros nutrientes, a cambio, los hongos reciben azúcares y vitaminas, productos que no pueden sintetizar por ellos mismos (Ochoa-Bautista y Ortega-Rivas, 2009). También se ha reportado que a través de la simbiosis micorrízica se incrementa la transferencia de nitrógeno del suelo a la planta, particularmente nitrato (George *et al.*, 1992; Tobar *et al.*, 1994; Bago *et al.*, 1996).

Materiales y Métodos

Las evaluaciones se hicieron en la localidad La Unión del municipio de Mante, Tamaulipas, México, cuyo suelo son arcillosos (vertisol) con bajo contenidos de materia orgánica, pobres y con problemas de disponibilidad de fósforo y zinc, debido al pH cercano a 8. La fertilización inorgánica del cultivo fue determinada mediante el análisis de suelo y el modelo: $Dosis = (Demanda - Suministro) / Eficiencia\ recuperación\ fertilizante$. La dosis total fue distribuida de acuerdo a las etapas fenológicas del cultivo más los tratamientos del cuadro 1. Los tratamientos se establecieron en parcelas de la variedad CP 72 2086 del primer ciclo planta y el segundo corte o soca, aplicando los biofertilizantes en el agua de riego. Las dosis de los biofertilizantes fueron 500 g ha⁻¹ de micorriza, 1 ml ha⁻¹ de *Azospirillum* y *Azotobacter*, 3 y 6 g ha⁻¹ de ácido Indol-3-Butírico, disolviéndolos previamente en agua y se inyectaron mediante un venturi por el sistema de riego de cada tratamiento, cada cintilla de riego fue controlado mediante válvulas individuales (Figura 1).

Los efectos de los biofertilizantes en el rendimiento, grados brix, altura de corte y diámetro de tallo fueron analizados bajo un diseño bloques al azar con arreglo factorial (2 ciclos productivos x 6 tratamientos) con tres repeticiones, en parcelas de 6 m².

Resultados y Discusión

El análisis de varianza indicó diferencia en la interacción corte por tratamientos para la variable diámetro de tallo y rendimiento, excepto la altura de corte y grados brix (Figura 2 y 3). De acuerdo a las medias (Tukey α 0.05), la efectividad de los biofertilizantes, para la variable altura de corte, fueron iguales en cada ciclo productivo, destacando mayor altura en el primer corte en todos los tratamientos con promedios entre 2.1 y 2.4 m (Figura 2b). Para diámetro de tallo fue diferente en cada corte, obteniendo mayor diámetro en el primer corte y con los tratamientos de micorriza, micorriza más *Azospirillum* y micorriza más *Azotobacter*, y en el segundo corte o soca, micorriza más *Azospirillum* obtuvo mayor diámetro (Figura 2a).

Los grados brix y el rendimiento total son variables importantes para el productor y la industria azucarera. Aplicando micorriza, fue posible obtener un rendimiento promedio de dos ciclos 102 t ha^{-1} y 25°brix ; ácido indol-3-bitirico 6 g, obtuvo un rendimiento medio de 112 t ha^{-1} y 23°brix , comparado con el testigo con 114 t ha^{-1} y 25°brix (Figura 3). Los resultados indican que es posible obtener rendimientos similares al testigo con el uso de biofertilizantes siempre y cuando contemplando la importancia de utilizar biofertilizantes en términos ambientales, sobre todo en la mejora física, química y las propiedades biológicas del suelo (Rillig y Mummey, 2006).

Cuadro 1. Tratamientos de biofertilizantes durante dos ciclos productivos (planta y soca) en la localidad La

Tratamientos	Descripción
T ₁	Micorriza
T ₂	Micorriza + <i>Azospirillum</i>
T ₃	Micorriza + <i>Azotobacter</i>
T ₄	Radix (Ácido Indol-3-Butirico) 3 g
T ₅	Radix (Ácido Indol-3-Butirico) 6 g
T ₆	Testigo

Unión, Mante, Tamaulipas.



Figura 1. Aplicación de biofertilizantes por el sistema de riego por goteo en el cultivo de caña de azúcar

Conclusiones

La aplicación de biofertilizantes en la producción de caña de azúcar incrementa los rendimientos del cultivo. Con la metodología implementada se obtuvo mayor producción en promedio de dos ciclos productivos, principalmente con el uso de micorriza, Radix 6 g I.A., similares al testigo, sin embargo es posible alcanzar cifras más altas, aplicando biofertilizantes diferentes o bien aumentando la concentración y formas de inoculación.

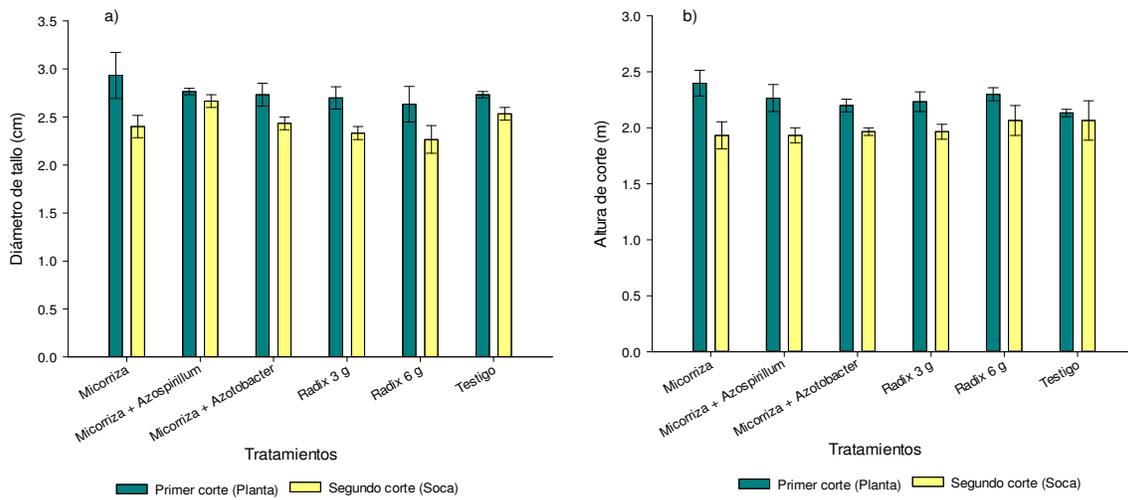


Figura 2. Diámetro de tallo (a) y altura de corte (b) de caña de azúcar en seis tratamientos durante dos ciclos productivos (planta y soca) en la localidad La Unión, Mante, Tamaulipas.

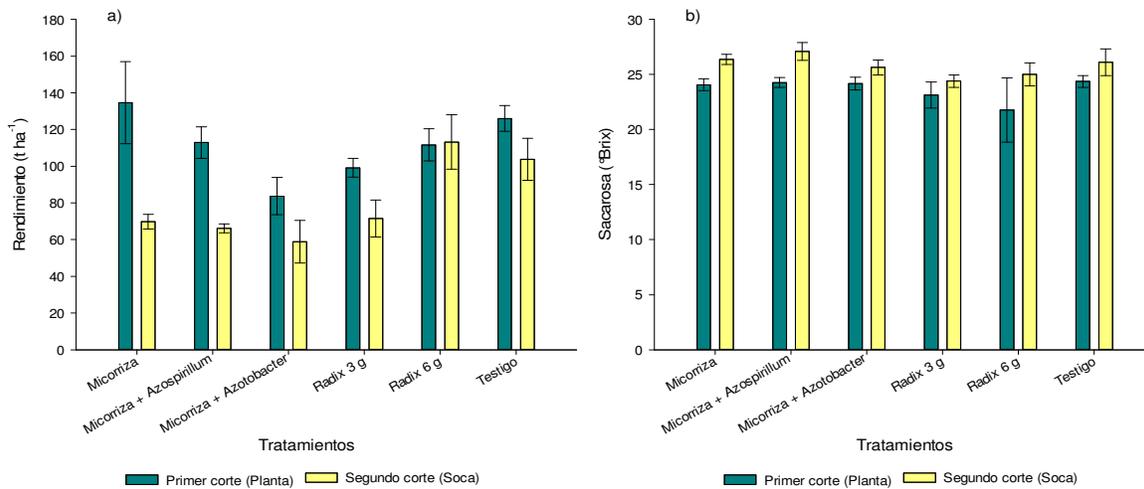


Figura 3. Rendimiento total (a) y grados brix (b) de caña de azúcar en seis tratamientos durante dos ciclos productivos (planta y soca) en la localidad La Unión, Mante, Tamaulipas.

Bibliografía

- Cavagnaro, T. R., Jackson, L. E., Six, J., Ferris, H., Goyal, S., Asami, D. & Scow, K. M. (2006). Arbuscular mycorrhizas, microbial communities, nutrient availability, and soil aggregates in organic tomato production. *Plant Soil* 282: 209-225.
- Bago, B., Vierheilig, H., Piche, Y. & Azcon, A. C. (1996). Nitrate depletion and pH changes induced by the external mycelium of the arbuscular mycorrhizal fungus *glomus intraradices* grown in monoxenic culture. *New Phytologist*, 133: 273-280.
- Bowen, G. D. y Rovira, A. D. (1999). The rhizosphere and its management to improve plant growth. *Adv. Agron.* 66:1-102.
- Fallik, E., Sarig, S. & Okon, Y. (1994). Morphology and physiology of plant roots associated with *Azospirillum*. In *Azospirillum/Plant Associations*, 77-85 (Ed Y. Okon). Boca Raton, FL: CRC Press.
- George, E., Haussler, K., Vatterlein, G., Gorgus, E. & Marschner, H. (1992). Water and nutrient translocation by hyphae of *glomus mosseae*. *Can J Bot*, 70: 2130-2137.
- Gryndler, M. (2000). Interactions of arbuscular mycorrhizal fungi with other soil organisms. In *Arbuscular mycorrhizas: physiology and function*, 239-262 (Eds Y. Kapulnick and D. D. Douds).
- Haydee B., Peña E. y Reyes I. (2007). Aislamiento y evaluación de bacterias fijadoras de nitrógeno y dosolventes de fosfatos en la promoción del crecimiento de la lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Interciencia* 32: 145 - 1152.
- Javaid, A., Iqbal, S. H. & Hafeez, F. Y. (1994). Effect of different strains of Bradyrhizobium and two types of vesicles arbuscular mycorrhizae (VAM) on biomass and nitrogen fixation in *vigna radiata* (L.) Wilczera var. NM 20-21. *Sci Int (Lahore)* 6: 265 - 267.
- Jiménez R., Virgen G., Tabares F. y Olalde V. (2001). Bacterias promotoras del crecimiento de plantas: agro-biotecnología. *Avance y Perspectivas* 20: 1-6. <http://www.redepapa.org/delgadillo.pdf>.
- Kapulnik, Y., Okon, Y. & Henis, Y. (1985). Changes in root morphology of wheat caused by *Azospirillum* inoculation *Can. J. Microbiol* 31: 881-887.
- Mahajan, A., Choudhary, A. K., Jaggi, R. C. y Dogra, R. K. (2003). Importance of Bio-fertilizers in sustainable agriculture. *Farmers' Forum* 3 (4): 17-19.
- Mata-Vázquez, H., Vázquez-García, E., Ramírez-Meraz, M. y Patistán-Pérez, J. (2010). Libro técnico: Fertilización de Chile serrano con riego por goteo en el sur de Tamaulipas. INIFAP. 150 p.
- Morales, I. M. (2007). Los biofertilizantes. Una alternativa productiva, económica y sustentable. In *Revista de la Procuraría Agraria*, Padilla, L. E. pp. 93-119.
- Ochoa-Bautista, R. y C. Ortega-Rivas (2009). Bacterias que nutren al suelo: los inoculantes bacterianos y su uso en la agricultura. *Revista "Claridades Agropecuarias"*: pp. 56-60.
- Okon, Y. & Kapulnik, Y. (1986). Development and function of *Azospirillum* inoculated roots. *Plant Soil* 90: 3-16.
- Rillig M.C. & Mummey D.L. (2006). Mycorrhizas and soil structure. *New phytol* 171:41-53.
- Tobar, R., Azcon, R. & Barea, J. M. (1994). Improved nitrogen uptake and transport from N-labelled nitrate by external hyphae of arbuscular mycorrhizal under water stressed conditions. *New Phytologist*, 126: 119-122
- Vessey, J. K. (2003). Plant growth-promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant soil* 255: 571-586.
- Virmani, S. M. (1994). UNCTAD Agenda-21: The new challenges for soils research. *Journal of the Indian society of soils Science* 42 (4): 516 - 524.

USO DE MICORRIZA CON DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACIÓN INORGÁNICA EN LA PRODUCCIÓN DE CHILE SERRANO

Mata Vázquez, H.^{1*}; Vázquez García, E.¹; Ramírez Meraz, M.¹; Alejandro Allende, F.²

¹Campo Experimental Las Huastecas - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Altamira, Tamaulipas. México.

²Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca. Tantoyuca, Veracruz. México.

*mata.horacio@inifap.gob.mx; Calle: Privada rio Suchiate; Núm. 106; Col. Nicolás Bravo Infonavit, Ciudad Mante, Tamaulipas. México. CP 89860; Tel. 8312376472

Resumen

En Tamaulipas se siembran más de 3 mil hectáreas de chile, de las cuales el 60% se establecen con chile serrano; su producción es importante para el abastecimiento de la demanda nacional y en menor grado para el mercado de exportación en otoño-invierno. En los últimos años el cultivo de chile serrano se ha tornado menos rentable, debido al creciente costo de los fertilizantes inorgánicos. El presente trabajo de investigación se llevó a cabo con el objetivo de evaluar el efecto de micorriza (*Glomus intraradices*) en combinación con diferentes niveles de fertilización inorgánica en el rendimiento de chile serrano Coloso. El estudio se realizó en un suelo vertisol del Campo Experimental Las Huastecas (CEHUAS) durante el ciclo otoño-invierno 2012-2013. El manejo del cultivo fue realizado siguiendo las indicaciones del paquete tecnológico para la producción de chile serrano "Coloso" del CEHUAS y empleando la tecnología de riego por goteo con fertirrigación. Los datos fueron cuantificados y analizados bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. El análisis de varianza mostró diferencias ($p < 0.05$) en los tratamientos. La comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$), indicó que es posible reducir el 50% de la dosis de fertilización inorgánica usada actualmente obteniendo rendimientos de 64 t ha^{-1} , destacó también el tratamiento de micorriza más el 50% de fertilización inorgánica con 57 t ha^{-1} . Los resultados anteriores indican que es posible reducir la fertilización inorgánica en un 50%, con o sin el uso de micorriza, sin afectar la producción de fruto de chile serrano.

Palabras claves: Micorriza; fertilización; chile serrano

Introducción

El chile representa un papel central en la cultura alimenticia de México, además de ser un cultivo económicamente importante de acuerdo a la FAO; nuestro país ocupa el primer lugar de las exportaciones de chile verde y el sexto de chile seco a nivel mundial (SIAP-SAGARPA, 2010). El chile serrano es el segundo tipo más representativo en México (SIAP-SAGARPA, 2010), y es el principal tipo de chile que se siembra en Tamaulipas, estado importante para el abastecimiento de la demanda nacional principalmente y del extranjero en menor proporción en la temporada otoño-invierno. Por otra parte, la nutrición de las hortalizas como el chile serrano está basada en productos inorgánicos (FAO, 2002), sin embargo en los últimos años, la rentabilidad de este cultivo ha decaído, debido al creciente costo de los fertilizantes inorgánicos. Por lo anterior existen alternativas para aumentar la fertilidad del suelo y garantizar mayor producción a través del uso de biofertilizantes tales como la micorriza, entre otros microorganismos que inciden positivamente en el desarrollo de las plantas (Xoconostle y Ruiz, 2002).

La micorriza es la asociación entre los pelos radicales de la raíz de una planta y el hongo

específico de la micorriza (Morales, 2007); esta asociación ha demostrado mejorar el crecimiento y la productividad de varios cultivos (Cavagnaro *et al.*, 2006; Javaid *et al.*, 1994); mayor absorción de nutrientes (Al-Karaki, 2002; Pasqualine *et al.*, 2007); mayor tolerancia a estrés biótico (Khaosaad, 2007) y los factores del estrés abiótico (Arriagada, *et al.*, 2007) y la mejora de las propiedades físicas, química y biológicas del suelo (Rilling y Mummey, 2006).

El fósforo es uno de los nutrimentos minerales más limitantes para el crecimiento de las plantas, debido a su baja movilidad en muchos de sus estados naturales (Smith *et al.*, 2003). Múltiples estudios han puesto de manifiesto que la mayoría de las plantas aumentan la absorción de fósforo al establecer asociaciones micorrizicas (Raghothama, 1999; Jia *et al.*, 2004). También se incrementa la transferencia de nitrógeno del suelo a la planta, particularmente nitrato (George, *et al.*, 1992; Tobar *et al.*, 1994; Bago *et al.*, 1996).

Debido a los efectos de la micorriza como biofertilizante y fitoestimulador de los cultivos permite una reducción significativa de fertilizantes, aspecto importante en una producción sostenible en la agricultura, con los consiguientes beneficios ecológicos y económicos (Collados, 2006).

Porcentajes de dosis altas de fertilización inorgánica alteran las propiedades químicas del suelo, específicamente el pH, afectando la población de microorganismos y por consiguiente su estructura (Bunemann *et al.*, 2006; O'Donnell *et al.*, 2001). Mahajan y Gupta (2009), reportan que los biofertilizantes no toleran índices altos de fertilizantes inorgánicos, por la alteración del pH, así como la estructura del suelo y por lo tanto menor asimilación de nutrientes.

Hussain *et al.*, (1999) menciona que aplicaciones de dosis parcial de la fertilización inorgánica NPK más la aplicación de biofertilizantes aumenta el rendimiento de los cultivos de arroz y trigo, Daly y Stewart, (1999) en cultivos de cebolla, chícharo y maíz dulce obtuvieron rendimientos superiores de 29.31 y 23%, respecto al testigo.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en el Campo Experimental Las Huastecas, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), durante el ciclo otoño-invierno 2012-2013. El manejo del cultivo se realizó siguiendo las indicaciones de paquete tecnológico para la producción de chile serrano "Coloso" del CEHUAS. El experimento consistió en 10 tratamientos, evaluando micorriza (*Glomus intraradices*) en combinación con diferentes niveles de fertilización inorgánica (Cuadro 1). El trabajo se estableció utilizando un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental consistió en camas de 6 m de longitud y 1.84 m de ancho.

Para evaluar el efecto de micorriza en combinación con los niveles de fertilización inorgánica en el rendimiento de chile serrano, se diseñó un programa de fertilización con las siguientes dosis 360-200-400 (100%), 270-150-300 (75%), 180-100-200 (50%) y 90-50-100 (25%) respectivamente. La fertilización inorgánica se aplicó a través del sistema de riego dos veces por semana. La aplicación de los biofertilizantes se llevó a cabo durante el proceso de trasplante, para lo cual las plántulas se sumergieron en una solución de micorriza con una dosis de 2 g L⁻¹ de agua (Figura 1).

Con los resultados obtenidos se realizó el análisis de varianza y cuando se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$), se procedió a realizar la prueba de medias con Tukey ($\alpha = 0.05$).

. Resultados y Discusión

El análisis de varianza mostró diferencias entre tratamientos ($p < 0.05$), la prueba de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) indicó que es posible obtener mayores rendimientos con los tratamientos de fertilización inorgánica al 50% (64 t ha⁻¹) y micorriza + 50% F.I. (57 t ha⁻¹), tratamientos que fueron estadísticamente iguales, y superiores en 40 y 33%, respectivamente al tratamiento de 100% fertilización inorgánica, con el que se obtuvieron rendimientos de 38 t ha⁻¹. Por otra parte, los tratamientos con los más bajos rendimientos obtenidos fueron el testigo absoluto 0% F.I. con 15.8 t ha⁻¹, que fue estadísticamente igual al tratamiento de micorriza + 0% F.I. que alcanzó una producción



Figura 1. Proceso de inoculación de micorriza durante el trasplante de chile serrano Coloso.

Tratamientos	Descripción
Micorriza + 0% F.I.	Micorriza sin fertilización inorgánica
Testigo absoluto (H ₂ O): 0% F.I.	Sin fertilización inorgánica ni micorriza
Micorriza + 25% F.I.	Micorriza + fertilización inorgánica al 25%
Testigo 25% F.I.	Fertilización inorgánica al 25% (90-50-100)
Micorriza + 50% F.I.	Micorriza + fertilización inorgánica al 50%
Testigo 50% F.I.	Fertilización inorgánica al 50% (180-100-200)
Micorriza + 75% F.I.	Micorriza + fertilización inorgánica al 75%
Testigo 75% F.I.	Fertilización inorgánica al 75% (270-150-300)
Micorriza + 100% F.I.	Micorriza + fertilización inorgánica al 100%
Testigo 100% F.I.	Fertilización inorgánica al 100% (360-200-400)

Cuadro 1. Tratamientos de micorriza bajo diferentes niveles de fertilización inorgánica en la producción de chile serrano "Coloso" durante otoño-invierno 2012-2013.

F.I. = Fertilización inorgánica

El efecto negativo en el rendimiento de la combinación de elevada fertilización inorgánica más aplicación de biofertilizantes, comparado con cada uno de los testigos se podría indicar que los biofertilizantes no toleran índices altos de fertilizantes inorgánicos, por la alteración del pH, así como la estructura del suelo y por lo tanto menor asimilación de nutrientes, como lo indican (Mahajan y Gupta, 2009); así mismo Bunemann *et al.* (2006) y O'Donnell *et al.* (2001), reportaron que el comportamiento de los porcentajes de fertilización inorgánica de dosis altas alteran las propiedades químicas del suelo, específicamente el pH, afectando la población de microorganismos y por consiguiente su estructura. Por lo anterior sería igual de costoso implementar la fertilización inorgánica más biofertilizantes, ya que se obtienen rendimientos similares con los testigos, sin embargo en términos ambientales, donde se requiere el cuidado del medio ambiente y sobre todo en la mejora física, química y las propiedades biológicas del suelo, es necesario incluir biofertilizantes (Rilling y Mummey, 2006).

Al realizar la comparación entre la fertilización inorgánica al 100% y al 50% más biofertilizantes es por supuesto más atractivo, debido a que se obtienen rendimientos altos, ahorro del 50% del costo del fertilizante y su aplicación.

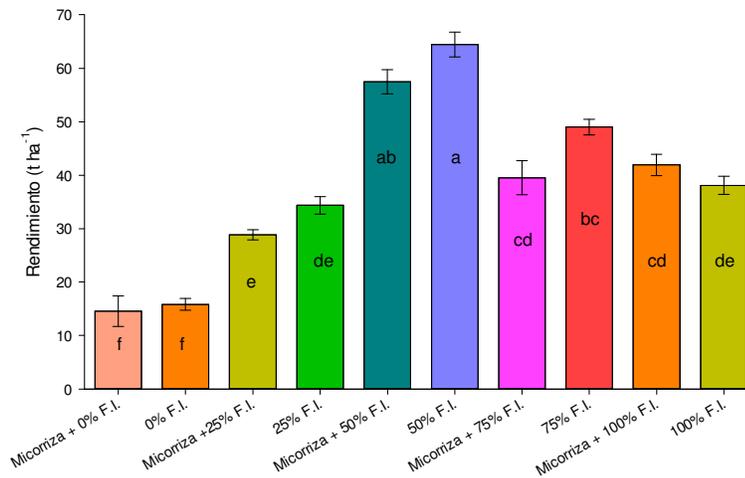


Figura 2. Rendimiento de chile serrano con Tratamientos inoculación de micorriza más niveles de fertilización inorgánica.

Conclusiones

Bajo las condiciones ambientales y al sistema de manejo implementado en este trabajo de investigación es posible obtener rendimientos superiores a 50 t ha⁻¹ en chile serrano, fertilizando con el 50% de la fertilización inorgánica recomendada actualmente para el sur de Tamaulipas con o sin la aplicación de Micorrizas.

Bibliografía

- Al-Karaki, G. N. (2002). Benefit, cost and phosphorus use efficiency of mycorrhizal field grown garlic at different soil phosphorus levels. *J plant nutr* 25: 1175-1184.
- Arriagada, C. A., Herrera, M. A. & Ocampo, J. A. (2007). Beneficial effects of saprobe and arbuscular mycorrhizal fungi on growth of *Eucalyptus globules* co-cultured with glycine maxin in soil contaminated with heavy metals. *J Environ Manage* 84:93-99. doi:1016/j.jenvman.2006.05.005.
- Bago, B., Vierheilig, H., Piche, Y. & Azcon, A. C. (1996). Nitrate depletion an pH changes induced by the external mycelium of the arbuscular micorrhizal fungus *glomus intraradices* grown in monoxenic culture. *New Phytologist*, 133: 273-280.
- Bunemann E.K., Schwenke G.D., Van-Zwieten L. (2006). Impact of agricultural inputs on soil organism - a review. *Aust J Soil Res* 44:379 - 406. DOI: 10.1071/SR05125.
- Cavagnaro, T. R., Jackson, L. E., Six, J., Ferris, H., Goyal, S., Asami, D. & Scow, K. M. (2006). Arbuscular mycorrhizas, microbial communities, nutrient availability, and soil aggregates in organic tomato production. *Plant Soil* 282: 209-225.
- Collados, C. C. (2006). Impacto de inoculantes basados en azospirillum modificado genéticamente sobre la diversidad y actividad de los hongos de la micorriza arbuscular en rizosfera de trigo y maíz. In *Departamento de Microbiología del suelo y sistemas simbióticos*. , Vol. V° B°, 135 Granada: Universidad de Granada Facultad de Ciencias.
- Daly, M. & Stewart, D. (1999). Influence of "effective microorganisms" (EM) on vegetative production and carbon mineralization – a preliminary investigation. *J Sustain Agric* 14:15-25.
- FAO. (2002). Los fertilizantes y usos. Una guía del bolsillo para los oficiales de extensión. Cuarta edición. ISBN 92-5-304414-4. Consultado 21 de noviembre 2011. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertuso.pdf>
- George, E., Haussler, K., Vatterlein, G., Gorgus, E. & Marschner, H. (1992). Water and nutrient translocation by hyphae of *glomus mosseae*. *Can J Bot*, 70: 2130-2137.
- Hussain, T., Javid, T., Parr, J., Jilani, G. & Haq, M. (1999). Rice and wheat production in Pakistan with effective microorganisms. *Am J Alter Agric* 14:30-36.

- Javaid, A., Iqbal, S. H. & Hafeez, F. Y. (1994). Effect of different strains of Bradyrhizobium and two types of vesicles arbuscular mycorrhizae (VAM) on biomass and nitrogen fixation in vigna radiata (L.) Wilczner var. NM 20-21. *Sci Int (Lahore)* 6: 265 - 267.
- Jia, Y., Gray, V. M. & Straker, C. J. (2004). The influence of Rhizobium and arbuscular mycorrhizal fungi on nitrogen and phosphorus accumulation by Vicia faba. *Ann Bot.*, 94: 251- 258.
- Khaosaad, T. G., G. J.M. Steinkellner, S. Vierheiling, H. (2007). Take-all disease is systemically reduced in roots of mycorrhizal barley plants. *Soil Biol Biochem* 39:727-734.
- Mahajan A. y Gupta R.D. (2009). Integrated nutrient management (INM) in a sustainable rice-wheat cropping system, Components of INM system., Springer, India. pp. 43-73.
- Morales, I. M. (2007). Los biofertilizantes. Una alternativa productiva, económica y sustentable. In *Revista de la Procuraría Agraria*, Padilla, L. E. pp. 93-119.
- O'Donnell A.G., Seasman M., Macrae A., Waite I., Davies J.T. (2001). Plants and fertilisers as drivers of change in microbial community structure and function in soils. *Plant soil* 232:135 - 145. DOI: 10.1023/A:1010394221729.
- Pasqualini, D., Uhlmann, A. & L., S. S. (2007). Arbuscular mycorrhizal fungal communities influence growth and phosphorus concentration of woody plants species from the atlantic rain forest in South Brazil. *Forest Ecol Manage* 245: 148-155.
- SIAP-SAGARPA. (2010). Un panorama del cultivo del chile. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/images/stories/infogramas/100705-monografias-chile.pdf>.
- Smith, S. E., Smith, F. A. & Jakobsen, I. (2003). Mycorrhizal fungi can dominate phosphate supply to plants irrespective of growth responses. *Plant physiology*, 133: 16-20.
- Tobar, R., Azcon, R. & Barea, J. M. (1994). Improved nitrogen uptake and transport from N-labelled nitrate by external hyphae of arbuscular mycorrhizal under water stressed conditions. *New Phytologist*, 126: 119-122.
- Raghothama, K. G. (1999). Phosphate acquisition. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 50: 665-693.
- Rillig, M. C. & Mummey, D. L. (2006). Mycorrhizas and soil structure. *New phytol* 171:41-53.
- Xoconostle C.B., Ruiz M.R. (2002). Impacto de la biotecnología agrícola en cultivos: el caso de las micorrizas. Avance y perspectiva, vol. 21. Consultado el 18 de octubre 2011. Disponible en: http://biblioteca.cinvestav.mx/indicadores/texto_completo/cinvestav/2002/102502_1.pdf

INFLUENCIA DE LAS COSTRAS BIOLÓGICAS SOBRE LA CALIDAD DE LAS SUSTANCIAS HÚMICAS EN SUELOS DE ZONAS ÁRIDAS

Maya Delgado, Y.^{1*}; Fuentes Romero, E.²; García Calderón, N.E.²; Solís Valdéz, S.³

¹Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, B.C.S. México.

²Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación-Facultad de Ciencias, UNAM. Juriquilla, Querétaro. México.

³Centro de Geociencias, UNAM. Juriquilla, Querétaro. México.

*Autor responsable: ymaya04@cibnor.mx; Av. Instituto Politécnico Nacional 195, Col. Playa Palo de Santa Rita Sur, La Paz, Baja California Sur. México. CP 23096; Tel. +52(612) 123-84-80

Resumen

La importancia de las costras biológicas de suelo (CBS) como mejoradoras de suelos en algunas de sus propiedades físicas como retención de humedad y estabilización de partículas ha sido extensamente documentada, por lo que planteamos que también existieran diferencias en la calidad y cantidad de las diversas fracciones de la materia orgánica relacionada con las CBS. El estudio se desarrolló en la zona árida de la porción sur de la península de Baja California, en una llanura aluvial con suelos arenosos, profundos, bien drenados, de colores claros y pH de neutro a moderadamente alcalino. Se tomaron muestras de suelo con cuatro réplicas de cuatro diferentes condiciones: erosión, erosión con CBS, matorral y matorral con CBS, y dos profundidades para cada condición (0-1.5 cm y 1.5-10 cm). Los resultados demostraron que, como se esperaba, los suelos erosionados tienen el menor contenido de carbono y nitrógeno orgánicos, así como menor cantidad y calidad de sustancias húmicas, a diferencia de los suelos erosionados con CBS. Un análisis detallado de la textura mostró que las CBS retienen partículas de arcilla y limo, que en su ausencia son dispersadas por el viento. El contenido de huminas demostró la importancia de esta fracción para estabilizar el carbono en los suelos de zonas áridas. Se concluye que las CBS juegan un papel importante en el potencial secuestro de carbono al promover la formación de complejos arcilla-humus, así como en el control de la erosión.

Palabras clave: Costras biológicas de suelo; almacenes de carbono; materia orgánica

Introducción

A diferencia de las regiones tropicales, en donde el almacén de carbono se encuentra en la biomasa vegetal, en las zonas áridas el suelo parece ser el principal almacén de carbono (White y Nackoney, 2003). Las costras biológicas de suelo (CBS) son importantes colonizadoras en suelos de zonas áridas (García-Pichel y Belnap, 1996). Su papel como mejoradoras del suelo ha sido ampliamente documentado. Por ejemplo, las cianobacterias atrapan las partículas con sus vainas por los exopolisacáridos que producen y los estabilizan al formar redes con sus filamentos (Campbell *et al.*, 1989; Belnap, 2001a); también tienen influencia sobre los ciclos hidrológicos en donde la precipitación es limitada (Eldridge, 2001), y mejoran la fertilidad del suelo (Harper y Pendleton, 1993).

En este estudio planteamos que la calidad y cantidad de las sustancias húmicas que integran el carbono orgánico del suelo podrían estar relacionadas con la presencia de costras biológicas de suelo.

Materiales y Métodos

El estudio se desarrolló en la Estación Biológica del CIBNOR, situada a 12 km al oeste de La Paz, en Baja California Sur, México (Fig. 1). La vegetación es un matorral sarcocaulé relativamente disperso, distribuido en una llanura aluvial disectada por arroyos intermitentes. Los suelos son arenosos, profundos, de colores claros, bien drenados y con pH de neutros a moderadamente alcalinos, que califican como Eutric Haplic Cambisols (FAO-ISRIC-ISSS, 2006). Pequeñas áreas dentro de la Estación fueron deforestadas en el pasado, tanto para construir depósitos de basura inorgánica como por las actividades relacionadas con la construcción del camino de acceso al CIBNOR. Desde que se cerraron a finales de los 90's estas áreas han permanecido deforestadas y sometidas a procesos naturales de erosión. En ellas se tomaron las muestras de suelos erosionados.

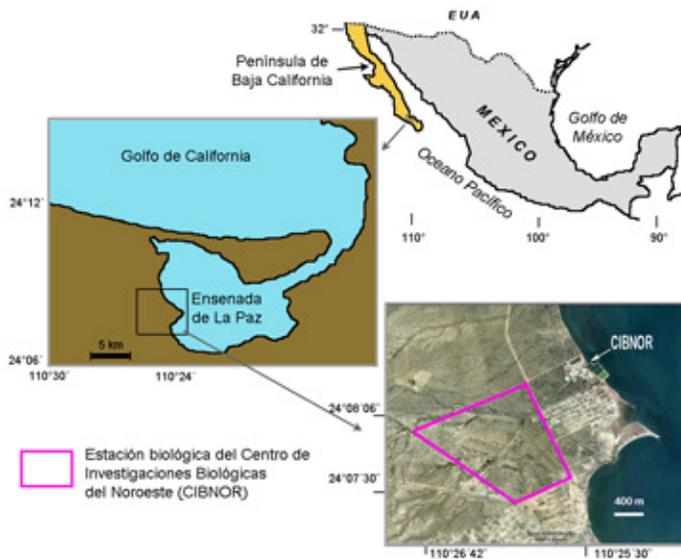


Figura 1. Ubicación del área de estudio

Las CBS del matorral sarcocaulé y del suelo erosionado presentan diferencias fisonómicas debido a que las del matorral tienen líquenes costrosos que les dan una apariencia rugosa, en tanto que las del suelo erosionado son lisas y planas y están construidas mayormente por cianobacterias. La distribución de las CBS en el matorral sarcocaulé es en parches que se encuentran generalmente al pie de los arbustos. En las áreas erosionadas en cambio, los parches se distribuyen indistintamente en el terreno (Fig. 2).

Se recolectaron muestras de suelo de aproximadamente 500 g con cuatro réplicas en cuatro condiciones: erosión, erosión con CBS, matorral y matorral con CBS, y dos profundidades para cada condición (0-1.5 cm y 1.5-10 cm). En las muestras con costras se recolectó lo más posible del suelo adherido a ellas.

Las muestras se secaron y tamizaron por malla de 2 mm. De cada muestra se tomó una alícuota de ~ 10 g, la cual se molió y tamizó por malla de 250 μ m para analizar el contenido total de carbono y nitrógeno orgánicos por los métodos de Walkley y Black y micro-Kjeldahl respectivamente. Datos de textura detallada se obtuvieron utilizando un autoanalizador laser Horiba LA-950 V2.

El fraccionamiento de la materia orgánica se llevó a cabo de acuerdo con Duchaufour y Jacquin (1975) y Dabin (1971), utilizando 10 g de suelo de cada muestra. Los valores de carbono orgánico soluble (COS), ácidos húmicos (C_{AH}) y ácidos fúlvicos (C_{AF}) se determinaron utilizando un TOC Torch TEKMAR; el contenido de huminas (C_{HUM}) se obtuvo por el método de Walkley y Black.



Figura 2. (a) área erosionada; (b) costras planas; (c) matorral; (d) costras rugosas

Se obtuvieron datos de carbono orgánico total, nitrógeno orgánico total, carbono orgánico soluble, materia orgánica libre, contenido de ácidos húmicos, de ácidos fúlvicos y de huminas. La mayor parte de los datos se analizaron aplicando pruebas de ANOVA. Para algunos parámetros se aplicaron pruebas estadísticas no paramétricas.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de los análisis físico-químicos de los suelos. Como se puede observar, se registraron bajos contenidos de carbono orgánico en general. Esto era de esperarse al tratarse de una región árida con vegetación escasa y perennifolia.

Cuadro 1. Características físico-químicas de los suelos.

Condición	COT (g·kg ⁻¹)	NOT (g·kg ⁻¹)	C:N	Arena (g·kg ⁻¹)	Limo (g·kg ⁻¹)	Arcilla (g·kg ⁻¹)
Profundidad 0-1.5 cm						
SE	2.14	0.10	21.40	777	206	17
SEC	8.28	0.55	15.05	629	280	90
SM	2.60	0.33	7.87	793	185	22
SMC	6.26	0.47	13.32	695	266	39
Profundidad 1.5-10 cm						
SE	2.30	0.15	15.33	647	308	45
SEC	2.34	0.21	11.14	531	347	122
SM	1.97	0.14	14.07	779	170	51
SMC	4.37	0.33	13.24	765	198	37

COT = carbono orgánico total; NOT = nitrógeno orgánico total
 SE = suelo erosionado; SEC = suelo erosionado con costras; SM = suelo de matorral; SMC = suelo de matorral con costras

Los valores de nitrógeno son más bajos en las muestras de suelo erosionado sin costras biológicas, lo que se explica por el casi nulo aporte de materia orgánica fresca en esta condición que resultaría igualmente en la poca disponibilidad para la producción de biomasa vegetal. La relación C:N, también es indicativa de los procesos de mineralización y humificación en las condiciones estudiadas y de la participación de las CBS: los valores >15 denotan una menor capacidad de mineralización de los residuos orgánicos dada la carencia de un balance apropiado en el contenido

de nitrógeno, en tanto que las condiciones más propicias para la mineralización resultan en relaciones <15. A la vez se tiene la influencia de las cianobacterias en la condición de SMC, en donde el balance resulta más apropiado, en tanto que en SM se tiene un valor en superficie que refleja el bajo contenido de carbono, posiblemente como resultado de una mayor velocidad de mineralización de los residuos que carecen del efecto protector de los exopolisacáridos de las costras (Chenu, 1995; Stevenson, 1986).

Los suelos mostraron un alto contenido de arena, aunque se pueden observar valores más altos de la fracción limo-arcilla en las muestras con CBS; incluso los suelos erosionados con costras (SEC) presentaron los mayores valores de esta fracción entre todos. Esto podría explicarse por la dominancia de cianobacterias en las costras planas, que es el tipo que se encuentra en los SEC. Campbell et al. (1989) señalaron que, al estar hidratadas y gracias a su movilidad, las cianobacterias son capaces de atrapar y transportar partículas al interior de la matriz de las CBS, evitando que sean eliminadas por el viento. Por otra parte, los valores mayores de nitrógeno en las muestras con costras podrían deberse a que entre las especies de cianobacterias que construyen las CBS se encuentran algunas que son capaces de fijar nitrógeno atmosférico.

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de las diferentes fracciones de la materia orgánica. Para la mayoría de los parámetros las diferencias más notables se presentaron entre los resultados de las condiciones suelo erosionado y suelo erosionado con costras, en la profundidad de 0-1.5 cm. Los mayores valores de materia orgánica libre en la condición de suelos erosionados indica la poca mineralización de la materia orgánica que hay en esta condición.

Cuadro 2. Distribución del carbono en las diferentes fracciones de la materia orgánica del suelo

Condición	MOL (g·kg ⁻¹)	COT (g·kg ⁻¹)	COS (mg·kg ⁻¹)	C _{AH} (g·kg ⁻¹)	C _{AF} (g·kg ⁻¹)	C _{HUMIN} (g·kg ⁻¹)
Profundidad 0-1.5 cm						
SE	62	2.14	2.12	0.08	1.82	0.51
SEC	17	8.28	3.20	0.09	5.55	2.55
SM	12	2.60	0.97	0.13	2.07	1.23
SMC	28	6.26	1.03	0.20	2.95	1.44
Profundidad 1.5-10 cm						
SE	26	2.30	2.21	0.16	3.46	0.42
SEC	14	2.34	1.67	0.12	2.72	0.73
SM	15	1.97	0.85	0.11	1.80	0.56
SMC	20	4.37	1.09	0.16	2.81	1.37

MOL= materia orgánica libre; COT = carbono orgánico total; COS = carbono orgánico soluble; C_{AH} = ácidos húmicos; C_{AF} = ácidos fúlvicos; C_{HUMIN} = huminas
SE = suelo erosionado; SEC = suelo erosionado con costras; SM = suelo de matorral; SMC = suelo de matorral con costras

En el Cuadro 3 se presentan los parámetros que resultaron con diferencias significativas en las dos profundidades muestreadas. Como se puede observar, la condición de suelo erosionado fue la que resultó con más diferencias significativas, debido a que en general produjo los valores más bajos en la mayoría de los parámetros. La condición que le siguió en cantidad de diferencias significativas fue la de suelo erosionado con costras. En este caso fue, al contrario de la condición de suelo erosionado, por haber presentado valores altos. Estos resultados tan opuestos apoyan los argumentos sobre la capacidad de las CBS de actuar como mejoradoras de suelos.

Se encontraron diferencias significativas entre el contenido de carbono orgánico total entre las condiciones de suelo erosionado y suelo de matorral con costras, lo que se explica por representar respectivamente las condiciones extremas de degradación y estabilidad. El carbono orgánico soluble (COS) fue el parámetro que produjo más diferencias significativas entre las diferentes condiciones, debido a los altos valores obtenidos para los suelos erosionados y los suelos erosionados con costras. El COS desempeña un papel fundamental en la movilidad y transporte de nutrientes (Vaca et al., 2006), lo que en las condiciones tan limitantes como la de suelos erosionados representaría

una ventaja ante la rápida disponibilidad para los organismos en cuanto hay suficiente humedad. Los ácidos fúlvicos presentaron valores superiores a los de los ácidos húmicos en general, lo que era de esperarse por las condiciones extremas de temperatura y sequía que se presentan en la región de estudio, que limitan los procesos de humificación. Las diferencias significativas en el contenido de este parámetro se debieron a que la condición de suelo erosionado con costras presentó valores muy altos. Esto sugiere que en las CBS planas se encuentran microorganismos relacionados con la humificación de la materia orgánica. En cuanto a las diferencias significativas en el contenido de huminas entre las condiciones de suelo erosionado y suelo erosionado con CBS demuestran la importancia que tiene la fracción mineral fina retenida por el componente cianobacteriano en el secuestro de carbono en los suelos de los ambientes áridos.

Cuadro 3. Relación de los parámetros que presentaron diferencias significativas

Condición	COT	NOT	COS	MOL	C _{AF}	C _{HUMIN}
Profundidad 0-1.5 cm						
SE	SMC	SEC SM	SM SMC	SM	SEC	SEC
SEC		SE	SM SMC		SE SM	SE
SM		SE	SE SEC	SE	SEC	
SMC	SE		SE SEC			
Profundidad 1.5-10 cm						
SE			SEC SM SMC			SEC
SEC			SE			SE
SM			SE			
SMC			SE			

COT = carbono orgánico total; NOT = nitrógeno orgánico total; COS = carbono orgánico soluble; MOL = material orgánica libre C_{AH} = ácidos húmicos; C_{AF} = ácidos fúlvicos; C_{HUMIN} = huminas
SE = suelo erosionado; SEC = suelo erosionado con costras; SM = suelo de matorral; SMC = suelo de matorral con costras

Conclusiones

Las condiciones extremas de sequía, temperatura y radiación que predominan en las zonas áridas limitan la mineralización de la materia orgánica; esta situación se magnifica cuando se elimina la vegetación, desencadenando procesos de erosión.

Los resultados de este estudio demostraron el importante papel que juegan las CBS en este ecosistema de zonas áridas en el secuestro y estabilización del carbono orgánico, como fijadoras de nitrógeno y en la captura y estabilización de partículas finas.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo de Christian Silva del Laboratorio de Ecología Vegetal del CIBNOR por su apoyo en el campo, de Manuel Trasviña y Myriam Hernández del Laboratorio de Edafología del CIBNOR por los análisis de textura. El soporte financiero provino de diversos proyectos del CIBNOR y del Depto. de Movilidad Académica de la Dirección General de Cooperación e Internacionalización de la UNAM.

Bibliografía

- Belnap, J. 2001a. Biological soil crusts and wind erosion (Chapter 25). In: *Biological Soil Crusts: structure, function, and management.* (eds. J. Belnap & O. Lange), pp. 339-347. Ecological Studies, Vol. 150. Heidelberg.
- Campbell, S.E., Seeler, J.S., and Golubic, S. 1989. Desert crust formation and soil stabilization. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 3, 217-228.
- Chenu, C., 1995. Extracellular polysaccharides: an interface between microorganisms and soil constituents. In: Huang, P.M. (Ed.), *Environmental Impact of Soil Component Interactions. Natural and Anthropogenic Organics.* Lewis Publishers, CRC Press, Boca Raton, FL, p. 217.
- Dabin, B. 1971. Etude d'une méthode d'extraction de la matière humique du sol. *Science du Sol* (1): 47-63.
- Duchaufour, P. and Jacquin, F. 1975. Comparaison des processus d'humification dans les principaux types d'humus forestiers. *Bulletin de l'Association Française pour l'Etude du Sol* (1) :29-36.
- Elridge, D.J. 2001. Biological soil crusts and water relations in Australian deserts. (Chapter 23). In: *Biological Soil Crusts: Structure, Function, and Management.* (eds. J. Belnap & O. Lange), pp. 315-325. Ecological Studies, Vol. 150. Heidelberg.
- FAO-ISRIC-ISSS. 2006. *World Reference Base for Soil Resources: a Framework for International Classification, Correlation and Communication.* World Soil Resources Report 103. Rome, 128 pp.
- García-Pichel, F. and Belnap, J. 1996. Microenvironments and microscale productivity of cyanobacterial desert crusts. *Journal of Phycology*, 32, 774-782.
- Harper, K.T. and Pendleton, R.L. 1993. Cyanobacteria and cyanolichens: can they enhance availability of essential minerals for higher plants? *Great Basin Naturalist*, 53(1): 59-72.
- Stevenson, F.J. 1986. *Cycles of soil carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur and micronutrients.* John Wiley & Sons, New York.
- Vaca, R., Lugo, J. y Esteller, M.V. 2006. Caracterización de la materia orgánica soluble y de los ácidos húmicos en suelo acondicionado con lodo residual fresco o compostado. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 22(1):27-37.
- White, R.P. and Nackoney, J. 2003. *Drylands, people, and ecosystem goods and services: a web-based geospatial analysis.* World Resources Institute. Washington, D.C. 40 pp.

SELECCIÓN DE PROPÁGULOS DE HONGOS MICORRIZICOS NATIVOS PARA LA ELABORACION DE BIOFERTILIZANTES PARA PAPAYA

Quiñones Aguilar, E.E.¹; Trinidad Cruz, J. R.¹, Montoya Martínez, A.C.^{1,2}; López Pérez, L.²; Rincón Enríquez, G.^{1*}

¹Unidad de Biotecnología Vegetal, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. Guadalajara, Jalisco México.

²Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Tarímbaro, Michoacán, México.

*Autor responsable: grincone@gmail.com; Normalistas No. 800, Colonia Colinas de la Normal. Guadalajara, Jalisco México. CP 44270. Tel. +52 (33) 33455200 Ext. 1730.

Resumen

La elaboración de biofertilizantes a base de microorganismos rizosféricos, como bacterias promotoras de crecimiento vegetal o de hongos formadores de micorriza arbuscular (HMA) nativos de cultivos agrícolas necesita del aislamiento de cepas fijadoras de nitrógeno (N), solubilizadoras de fósforo (P), promotoras del crecimiento vegetal, así como la capacidad de captar y transportar P y otros nutrimentos del suelo a la planta. En este sentido los HMA se consideran un sobresaliente insumo microbiológico que aporta beneficios a las plantas mejorando su nutrición y protegiéndolas contra diversos factores adversos, destacándose por su capacidad como agentes de bioprotección contra enfermedades causadas por fitopatógenos. Así la búsqueda de propágulos susceptibles para la elaboración de fertilizantes es necesaria bajo experimentación con el fin de realizar la selección mas conveniente para la elaboración de fertilizantes. La papaya es una especie vegetal que responde de manera rápida a la micorrización, por medio de la colonización de raíces y su respuesta en crecimiento vegetal, características que la colocan como una especie vegetal candidata para la selección de propágulos nativos provenientes de suelos agrícolas. Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo consistió en evaluar tres consorcios de HMA sobre el crecimiento de papaya. Para lo cual se realizó un experimento factorial 4x4 en un diseño experimental completamente al azar, donde el factor 1 fueron los HMA: sin HMA, tres inóculos provenientes de la DOT-Michoacán (LNP-MVC, LPE-MVM y CE8-MJ) y el factor 2 fue el tipo de sustrato con cuatro niveles: arena, arena:agrolita (80:20); arena:materia orgánica -MO- (80:20) y arena:agrolita:MO (60:20:20). Se evaluaron 16 tratamientos con 4 repeticiones cada uno. Se analizaron las variables peso fresco del follaje (PFF), raíz (PFR) y total (BT). Los resultados indican que los tratamientos que contuvieron el inóculo CE8-MJ y LPE-MVM en cualquier de los cuatro sustratos mostraron valores significativamente (Tukey $P \leq 0.05$) mas altos que los otros tratamientos. Estos resultados indican que el empleo de loa HMA CE8-MJ o LPE-MVM podría ser empleado para promover el crecimiento de papaya.

Palabras clave: Bioinoculantes; *Carica papaya*; *Agave tequilana*

Introducción

El establecimiento de los hongos micorrizicos arbusculares (HMA) en las raíces de las plantase es conocido como micorriza. La micorrización de plántulas de papaya durante su crecimiento en vivero marca parte del potencial productivo futuro y por ende es importante desde el punto de vista económico, ya que esta labor agronómica podría disminuir tanto la estancia de las plantas en vivero al incrementar su crecimiento en menor tiempo, así como también la dependencia de la aplicación de fertilizantes químicos (Quiñones-Aguilar *et al.*, 2012). Otras ventajas que esta practica agronómica puede proporcionar es la protección contra algunas enfermedades que se transmiten al momento del

trasplante en campo, al mantener activo el sistema de defensa vegetal (Jung *et al.*, 2012). Sin embargo, uno de los beneficios con un gran impacto que la simbiosis micorrízica puede aportar si las plantas se inoculan en etapa de vivero, es el aumento en su rendimiento en campo, por ejemplo Vázquez-Hernández *et al.* (2011) reportaron que la inoculación de papaya en etapa de vivero con *Glomus mosseae* incrementó en campo el rendimiento de fruto en 105.2% con respecto a plantas sin inoculación, obteniéndose una producción de 144 ton ha⁻¹ en plantas previamente inoculadas contra 70.6 ton ha⁻¹ en plantas sin inocular. A pesar de la gran cantidad de trabajos sobre la interacción papaya-HMA, se tienen pocos estudios donde se explore la evaluación y selección de consorcios de HMA nativos en el cultivo de papaya, dado que a pesar que es conocida la alta dependencia Micorrizica de la papaya a los HMA (Quiñones-Aguilar *et al.*, 2012), cepas o consorcios nativos podrían aun incrementar mas la productividad del cultivo o disminuir la incidencia de enfermedades, por lo cual resulta importante emprender acciones encaminadas a la evaluación de HMA nativos en cultivos de importancia agrícola. Por lo cual el objetivo de este trabajo fue evaluar tres consorcios nativos de HMA bajo diferentes sustratos sobre el crecimiento de papaya.

Materiales y Métodos

El experimento se estableció en el invernadero del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), ubicado en la ciudad de Guadalajara, Jalisco. Los materiales biológicos utilizados fueron plantas de papaya variedad Maradol. Los inóculos de HMA se obtuvieron a partir de la zona de Denominación de Origen del Tequila (DOT) del estado de Michoacán (Cuadro 1).

Cuadro 1. Sitio de proveniencia de los inóculos de hongos micorrizicos arbusculares provenientes de la Denominación de Origen del Tequila (DOT) del estado de Michoacán.

Municipio	Localidad	Sitio de muestreo	Tipo de plantación/ edad plantación	Ubicación geográfica	Altitud (msnm)	Clave consorcio HMA
Jiquilpan de Juárez	Totolán	Cebadas 8	<i>A. tequilana</i> cultivado/ 5 años	N 19°58'45.01" O 102°39'30.76"	1628	CE8-MJ
Villamar	San Antonio Guaracha	La Presa "parcela escolar"	<i>A. tequilana</i> cultivado/ 3 meses	N 19°58'24.39" O 102°33'59.32"	1602	LPE-MVM
Venustiano Carranza	La Palma	La Nueva Palma	<i>A. tequilana</i> cultivado/ 2 años	N 20° 8'14.09" O 102°46'5.93"	1555	LNP-MVC

Trasplante e inoculación

Se tomaron plantas de papaya de una edad de 25 días después de emergidas con 3 hojas verdaderas para trasplantarse en maceta con una mezcla de arena, agrolita y materia orgánica estériles (120°C durante 8 horas). Al momento del trasplante, a cada papaya se le agregaron en el zona radicular de la planta, 100 g de inóculo de HMA nativos provenientes directamente de campo de zonas con plantaciones de agave (Cuadro 1). Al inicio del experimento, las plantas se regaron dos veces por semana y posteriormente una para mantenerlas húmedas.

Diseño de tratamientos y experimental

Se realizó un diseño factorial 4x4, al factor uno fueron los HMA, con cuatro niveles: 1) sin HMA (sinM), CE8-MJ (CE), LPE-MVM (LE), LPN-MVC (LP). El factor dos fue tipo de sustrato con cuatro niveles: 1) arena, 2) arena:agrolita en proporción 80:20, 3) arena:materia orgánica en proporción 80:20, 4) arena:agrolita:materia orgánica en proporción 60:20:20. La combinación de los niveles de HMA y sustrato constituyeron los 16 tratamientos con 4 repeticiones cada uno, los cuales fueron dispuestos aleatoriamente. Cada maceta con una planta de papaya representó una unidad experimental (UE), por lo que se obtuvieron 64 UE. Se realizó el muestreo final a los 3 meses después de establecido el experimento (90 días después del trasplante).

Variables de respuesta y análisis estadísticos

Después de tres meses del trasplante se evaluaron las variables peso fresco de follaje (PFF), raíz (PFR) y total (PFT). Con los datos de PFF y PFR se calculó el índice de crecimiento en peso fresco del follaje en relación con la raíz (ICPFF/R). Los pesos frescos se obtuvieron a partir de una balanza granataria electrónica. Las variables PFF, PFR, PFT e ICPFF/R se analizaron mediante un ANVA y pruebas de comparación múltiple de media Tukey a un nivel de significancia de $P \leq 0.05$.

Resultados y Discusión

En los Cuadros 2 y 3 se presentan los resultados de los análisis estadísticos por tratamiento y por factores. En el análisis por tratamientos para las cuatro variables de respuesta (PFF, PFR, PFT e ICPFF/R) se puede observar los consorcios nativos de HMA CE8-MJ (CE) y LPN-MVC (LP) en particular en combinación con materia orgánica (MO) producen efectos en el crecimiento de la planta significativamente (Tukey, $P \leq 0.05$) superiores al resto de los tratamientos (Cuadro 2). Al observar el análisis factorial, igualmente para las cuatro variables evaluadas, se observa que los consorcios nativos de HMA CE y LP son los que presentan efectos significativamente (Tukey, $P \leq 0.05$) mayor al otro consorcio de HMA o al testigo sin HMA; de igual manera se observa que el sustrato arena con MO mostró significativamente (Tukey, $P \leq 0.05$) los mayores efectos sobre el crecimiento de las plantas de papaya (Cuadro 3). El efecto de inoculos con HMA en papaya ha sido reportado como positivos y significativamente superiores en plantas de papaya sin inoculación (Khade y Rodrigues, 2009; Quiñones-Aguilar *et al.*, 2012), por ejemplo Vázquez-Hernández *et al.* (2011) reportan el doble de rendimiento de fruto en campo en plantas con HMA en comparación con las que no las tuvieron, sin embargo la respuesta a los HMA en papaya ha sido diversa dependiendo de factores como el tipo de HMA empleado en la micorrización (Khade y Rodrigues, 2009) y del estado nutrimental del suelo o sustrato donde sea colocada las plantas de papaya y de las variedades de la especie evaluada, por ejemplo Trinidad *et al.* (2001) indican que distintas variedades inoculadas con los mismos HMA y dosis de P responden diferencialmente a la micorrización.

Armenta *et al.* (2010) indican que en México el uso de cepas nativas de microorganismos tiene mayores ventajas en los potenciales biofertilizantes elaborados a partir de dichas cepas, dado que en campo tendrían la posibilidad de tener mayor efectividad porque su habilidad de adaptación a las condiciones del suelo de donde provienen. De esta manera los consorcios nativos de HMA CE8-MJ (CE) y LPN-MVC (LP) provenientes de la DOT-Michoacán podrían tener un potencial mercado en el cultivo de papaya de la región occidente de México.

Conclusiones

Los consorcios nativos de HMA de la DOT Michoacán CE8-MJ y LNP-MVC promovieron el crecimiento de plantas de papaya en comparación con el otro consorcio. El análisis estadístico no mostró interacción en el factor consorcios HMA y el factor sustrato. La materia orgánica tuvo un efecto significativamente distinto en los sustratos que lo contuvieron a diferencia de los que no tuvieron.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó bajo el apoyo del proyecto MICH-2010-03-148208 del FOMIX-Gobierno del estado de Michoacán-CONACYT.

Cuadro 2. Respuesta de papaya al tratamiento de la combinación hongos micorrizicos arbusculares (HMA) y de sustratos bajo condiciones de invernadero después de 90 días después del trasplante.

Tratamiento	Peso Fresco (g)			ICPFF/R
	Follaje	Raíz	Total	
sinM. Ar	0.41 c	0.38 e	0.79 d	1.15 a
sinM.Ar.Agr	0.52 c	0.40 e	0.92 d	1.66 a
sinM.Ar.MO	8.60 ab	6.16 a	14.75 ab	1.40 a
sinM.Ar.MO.Agr	6.43 b	6.52 a	12.95 ab	1.12 a
CE.Ar	0.82 c	0.75 cde	1.58 d	1.68 a
CE.Ar.Agr	0.89 c	1.00 cde	1.89 d	0.99 a
CE.Ar.MO	7.01 b	6.04 a	13.04 ab	1.19 a
CE.Ar.MO.Agr	7.71 ab	5.28 ab	12.98 ab	1.49 a
LE.Ar	0.76 c	0.70 de	1.46 d	1.32 a
LE.Ar.Agr	1.04 c	1.16 cde	2.20 d	1.21 a
LE.Ar.MO	8.77 ab	6.93 a	15.99 ab	1.22 a
LE.Ar.MO.Agr	6.05 b	4.47 abc	10.51 bc	1.45 a
LP. Ar	1.42 c	1.72 bcde	3.13 d	0.89 a
LP.Ar.Agr	2.13 c	1.77 bcde	3.91 cd	1.34 a
LP.Ar.MO	10.21 a	7.21 a	17.15 a	1.52 a
LP.Ar.MO.Agr	6.75 b	4.22 abcd	10.97 ab	1.86 a

Ar: Arena; Agr: Agrolita; MO: Materia orgánica; Inóculos micorrizicos provenientes de la DOT Michoacán: CE = CE8-MJ; LE = LPE-MVM; LP = LNP-MVC; SinM = Sin hongos micorrizicos arbusculares. Letras distintas para cada variable de respuesta indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Cuadro 3. Efecto del tipo de sustrato y de hongos micorrizico arbuscular (HMA) en la acumulación de materia fresca de plantas de papaya bajo condiciones de invernadero durante 90 días después del trasplante.

Factor	Peso Fresco (g)			ICPFF/R
	Follaje	Raíz	Total	
SUSTRATO				
Arena	0.85 c	0.89 c	1.74 c	1.26 a
Arena.Agr	1.15 c	1.08 c	2.23 c	1.30 a
Arena.MO	8.65 a	6.58 a	15.23 a	1.33 a
Ar.MO.Agr	6.73 b	5.12 b	11.85 b	1.48 a
HMA				
S.HMA	3.99 b	3.36 a	7.35 a	1.33 a
CE8.MJ	4.11 ab	3.27 a	7.37 a	1.34 a
LPE.MVM	4.16 ab	3.38 a	7.54 a	1.30 a
LNP.MVC	5.13 a	3.66 a	8.79 a	1.40 a
INTERACCION				
F calculado	1.57	1.19	1.21	1.36
P observado	0.1540 ^{NS}	0.3271 ^{NS}	0.3105 ^{NS}	0.2345 ^{NS}

Ar: Arena; Agr: Agrolita; MO: Materia orgánica; Inóculos micorrizicos provenientes de la DOT Michoacán: CE8-MJ, LPE-MVM, LNP-MVC y SinM = Sin hongos micorrizicos arbusculares. Letras distintas para cada variable de respuesta en cada factor de estudio indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Bibliografía

- Armenta, B., A. D., C. García, J. R. Camacho, M. A. Apodaca, L. G. Montoya, y E. Nava. 2010. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. Ra Ximhai Revista de Sociedad Cultura y Desarrollo Sustentable 6: 51-56.
- Jung, S. C., Martínez-Medina A. and Lopez-Raez J. A., Pozo M. J. 2012. Mycorrhiza induced resistance and priming of plant defenses. J. Chem. Ecol. 38: 61-664.
- Khade, S. W., and B. W. Rodrigues. 2009. Studies on arbuscular mycorrhization of papaya. African Crop Sci 17: 155-165.
- Quiñones-Aguilar, E. E., Hernández-Acosta E., Rincón-Enríquez G. y Ferrera-Cerrato R. 2012. Interacción de hongos micorrizicos arbusculares y fertilización fosfatada en papaya. Terra Latinoamericana 30: 165-176.
- Vázquez-Hernández, M. V., Arévalo-Galarza L, Jaen-Contreras D., Escamilla-García J. L., Mora-Aguilera A., Hernández-Castro E., Cibrián-Tovar J. and Téliz-Ortiz D. 2011. Effect of *Glomus mosseae* and *Entrophosporacolombiana* on plant growth, production, and fruit quality of 'Maradol' papaya (*Carica papaya* L). Sc. Hort. 128: 255-260.
- Trindade, A. V., J. O. Siqueira, e F. Pinto de Almeida. 2001. Dependência micorrizica de variedades comerciais de mamoeiro. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 36: 1485-1494.

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO EN INVERNADERO DE PINUS MONTEZUMAE LAMB. AL TRATAMIENTO CON BACTERIAS Y HONGOS BENÉFICOS

Rendón Pablo, A.1; López Reyes, L.1; Portillo Manzano, E.1; Tapia Hernández, A.1; Sánchez Alonso, M. P.2.; Pérez Moreno, J.3 ; Carcaño Montiel, M. G.1*

¹ Microbiología de Suelos y ² Bioquímica y Genética Microbiana. Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

³ Colegio de Posgraduados. Campus Montecillo Edo. de México.

* Autor responsable: moises.carcano@correo.buap.mx. Edificio 103-J. Ciudad Universitaria. Puebla, Puebla. C.P. 72570. Teléfono +52 222 2295500 Ext. 2548.

Resumen

Las plantas de pino se propagan en vivero con los cuidados necesarios para que obtengan el desarrollo adecuado al ser trasplantadas a campo. Frecuentemente sufren una alta mortalidad debido a su deficiente adaptación al ambiente. La aplicación de bacterias benéficas, hongos ectomicorrízicos y agentes de control biológico han demostrado efectos benéficos para las plantas. Se realizó en experimento de invernadero la inoculación mixta con organismos benéficos: Tres bacterias fijadoras de nitrógeno (BFN) y productoras de sustancias reguladoras de crecimiento vegetal dos pertenecientes a la especie *Azospirillum brasilense* UAP151 y UAP154 y la especie *Klebsiella pneumoniae* KMT10. Además, dos bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSF) de las especies *Chromobacterium violaceum* BUAP35 y *Acinetobacter calcoaceticus* BUAP40. Dos hongos, uno filamentoso promotor del crecimiento vegetal de la especie *Trichoderma asperellum* y un hongo ectomicorrízico de la especie *Hebeloma mesophaeum*. Se evaluó los efectos de la inoculación en: Porcentaje de germinación de las semillas la altura del tallo, la masa seca de la parte aérea y radical y la cantidad de raíces cortas micorrizadas. Las primeras semillas germinaron a los 12 días posteriores a la siembra en los tratamientos inoculados. El tratamiento con bacterias solubilizadoras de fosfatos junto a los hongos se logró incrementos de 30.87% y 52.17% en altura de tallo y masa seca de la parte aérea respectivamente. La masa seca raíz se incrementó 76.42% con el tratamiento a base de la mezcla de bacterias fijadoras de nitrógeno y *Trichoderma*.

Palabras clave: Biofertilizantes; Inoculantes; germinación; parámetros fenológicos

Introducción

La reforestación consiste en poblar terrenos con árboles o arbustos dándoles las condiciones para que se desarrollen adecuadamente. Las plantas presentan difícil adaptación e inconvenientes para un crecimiento adecuado cuando son introducidas en el ecosistema. Los suelos deforestados presentan deficiencias en las poblaciones de microorganismos benéficos que se asocian con los árboles. Los exudados radiculares de las plantas proporcionan a los microbiota las condiciones necesarias para proliferar consecuentemente la reforestación debe realizarse con microorganismos que puedan ayudar al desarrollo y adaptación de las plantas al suelo (Barreto *et al.*, 2007).

El suelo es diverso en géneros y especies de microorganismos, cuya presencia es indispensable para

la fertilidad y el crecimiento de las plantas. Entre los microorganismos se encuentran bacterias de vida libre o asociadas que habitan la rizósfera de las plantas. Algunas bacterias estimulan la germinación y el crecimiento de las plantas a través de la síntesis de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, la fijación de nitrógeno atmosférico y la solubilización de nutrimentos del suelo. Las bacterias más estudiadas en gramíneas pertenecen a los géneros *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Klebsiella*, *Beijerinckia*, *Pseudomonas* y *Bacillus*; algunos de los cuales sobreviven en condiciones de estrés (Loreto-Osti *et al.*, 2004). Sin embargo, algunos microorganismos establecen una simbiosis mutualista con otros organismos, dando un beneficio a su huésped a cambio de recibir ventajas en el desarrollo. Los hongos micorrízicos establecen simbiosis con las raíces de las plantas, formando a las micorrizas. La ectomicorriza es la simbiosis entre hongos principalmente *Basidiomycetes* y *Ascomycetes* con especies de árboles y arbustos (Pérez-Moreno y Read 2004). Estos mismos hongos generalmente se presentan en las plantas leñosas perenes y coníferas, donde la ramificación de la raíz corta y lignificada impide la captura óptima de nutrimentos. El hongo, además de incrementar la absorción de sales minerales, tiene la capacidad de utilizar fuentes nitrogenadas no disponibles para las plantas y de producir antibióticos (Bruns *et al.*, 2002). En los dos últimas décadas se ha incrementado el uso de inoculantes de aplicación agrícola y biocontroladores a través del empleo de rizobacterias y hongos que viven en asociación con las plantas, lo cual ha resultado benéfico en los cultivos incluyendo los de tipo forestal (Adesemoye y Egamberdieva, 2013). La población de microorganismos asociados en la rizósfera de plantas se puede incrementar para favorecer el establecimiento vegetal en suelos deteriorados contribuyendo a la reforestación por su consecuente incremento en la nutrición y desarrollo vegetal. En objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la inoculación de poblaciones microbianas benéficas del tipo de las bacterias y hongos sobre la germinación de las semillas, la micorrización en la raíz y la masa seca de raíz y tallo de *P. montezumae*.

Materiales y Métodos

Se trabajó con tres bacterias fijadoras de nitrógeno (BFN) y productoras de sustancias reguladoras de crecimiento vegetal caracterizadas como *Azospirillum brasilense*, Clave UAP151, UAP154 y *Klebsiella pneumoniae* KMT10, dos bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSF) *Chromobacterium violaceum* BUAP35 y *Acinetobacter calcoaceticus* BUAP40. Además se incluyó al hongo *Trichoderma asperellum* (Cuadro 1) los cuales forman parte del cepario del Laboratorio de Microbiología de Suelos del Centro de Investigación en Ciencias Microbiológicas del ICUAP. Además del hongo ectomicorrízico *H. mesophaeum* donado por el Dr. Jesús Pérez Moreno del Colegio de Posgraduados (Carrasco-Hernández *et al.*, 2011).

Cuadro 1. Diseño experimental de aplicación de inoculantes en plantas de *Pinus montezumae* Lamb.

Tratamientos ^a	Cepas	Combinaciones
1	UAP151, UAP154	BFN
2	BUAP35, BUAP40	BSF
3	UAP151, UAP154, KMT10	BFN + KMT10
4	BUAP35, BUAP40, KMT10	BSF + KMT10
5	UAP151, UAP154, Hm1	BFN + Hm1
6	BUAP35, BUAP40, Hm1	BSF + Hm1
7	UAP151, UAP154, KMT10, Hm1	BFN + KMT10 + Hm1
8	BUAP35, BUAP40, KMT10, Hm1	BSF + KMT10 + Hm1
9	UAP151, UAP154, Tach	BFN + Tach
10	BUAP35, BUAP40, Tach	BSF + Tach
11	UAP151, UAP154, KMT10, Tach	BFN + KMT10 + Tach
12	BUAP35, BUAP40, KMT10, Tach	BSF + KMT10 + Tach
13	Hm1, Tach	Hm1 + Tach
14	UAP151, UAP154, Hm1, Tach	BFN + Hm1 + Tach
15	BUAP35, BUAP40, Hm1, Tach	BSF + Hm1 + Tach
16	CONTROL	CONTROL

^a Cada tratamiento se realizó con 36 repeticiones BNF, Bacterias fijadoras de nitrógeno; BSF Bacterias solubilizadoras de fosfato; KMT10, *K. pneumoniae*; Hm1, *H. mesophaeum*; Tach, *T. asperellum*.

Las cepas de *A. brasilense* se propagaron en medio NFb líquido adicionado de extracto de levadura y cloruro de amonio, se incubaron a 32° C durante 48 h a 200 rpm. *K. pneumoniae* y las bacterias solubilizadoras de fosfatos se propagaron en caldo nutritivo, se incubaron a 30° C durante 24 h a 200 rpm. Se cuantificó a las poblaciones bacterianas mediante diluciones decimales seguidas de siembras en caja Petri con agar Rojo Congo para *A. brasilense* (Rodríguez-Cáceres, 1982), agar nutritivo para *K. pneumoniae* y agar Goldstein para bacterias solubilizadoras de fosfatos (Goldstein, 1986). *T. asperellum* fue propagado en agar de papa y dextrosa hasta la formación de esporas.

El sustrato utilizado para el desarrollo de las plantas consistió en una mezcla homogénea de agrolita:vermiculita:peat-moss:suelo-agrícola:tierra de monte en proporciones peso-volumen 1:1:1:1:1.

El sustrato se esterilizó en autoclave a 15 libras de presión durante 1 h a 121°C. El sustrato estéril se mezcló con las bacterias y hongos de acuerdo a los tratamientos descritos en el Cuadro 1. Se utilizaron tubetes de plástico negro de 140 mL de capacidad previamente lavados, desinfectados para ser llenados con el sustrato. Se colocaron dos semillas desinfectadas de *P. montezumae* a 0.5 cm de profundidad en cada tubete adquiridas de la empresa Semillas Forestales de Perote Veracruz. Se evaluó el porcentaje de germinación así como el índice y velocidad de germinación (Enríquez-Peña *et al.*, 2004). El experimento duró 7 meses y regándose cada tercer día con agua destilada. Se mantuvo una temperatura promedio de 30 °C y una humedad relativa de 35% de humedad.

El diseño experimental se ajustó a un modelo en bloques al azar, con 16 tratamientos y 36 repeticiones (Cuadro1). Los tratamientos consistieron en inocular el sustrato de acuerdo a cada tratamiento y posteriormente las plantas de *P. montezumae* con las diferentes especies de hongos y bacterias fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fosfatos en combinaciones. Además del tratamiento control que consistió en una mezcla de bacterias y hongos muertos por esterilización.

Se evaluó el porcentaje de germinación para cada tratamiento. En el experimento en invernadero a los siete meses se realizaron muestreos destructivos de cinco plantas tomadas al azar de cada tratamiento. Se registró seis datos de altura por tratamiento correspondiendo cada uno al dato de un mes. La masa seca de la parte aérea y de la raíz, el sistema radical se sumergió en agua durante 24 h, y se retiró la parte aérea del pino. Se lavó la raíz cuidadosamente y se contabilizó las raíces cortas micorrizadas para estimar su porcentaje. La parte aérea y raíz de *P. montezumae* fueron colocadas en bolsas de papel debidamente etiquetadas y sometidas a secado en un horno a 70°C durante cinco días para determinar la masa seca de la parte aérea y radical.

Resultados y Discusión

Las poblaciones de bacterias fijadoras de nitrógeno y productoras de sustancias reguladoras de crecimiento vegetal; bacterias solubilizadoras de fosfatos y los hongos *Trichoderma* y *Hebeloma* se aplicaron en el sustrato antes de la siembra de las semillas de *P. montezumae* como se muestra en el Cuadro 2. La estimación de la población inoculada fue de 10^7 UFC g⁻¹ de BFN (*A. brasilense*: UAP 151 y UAP 154), para *K. pneumoniae* se determinó una población de 10^6 UFC g⁻¹. El tratamiento con BSF presentó poblaciones de 10^7 UFC g⁻¹. Los hongos *T. asperellum* y *H. masophaeum* con 10^7 UFC g⁻¹. Las bacterias y hongos se inocularon por segunda vez en forma líquida a los 30 días con poblaciones similares a las encontradas en el sustrato. Las poblaciones alcanzadas por la inoculación del sustrato y en las preparaciones líquidas adicionadas en la segunda inoculación coinciden con las reportadas por Okon y Labandera (1994), donde mencionan que para obtener una respuesta en el crecimiento de las plantas, los inóculos deben contener poblaciones de 1×10^7 UFC por semilla o plántula para estimular una densidad y longitud de los pelos radiculares, la tasa de aparición de raíces laterales y raíz superficial total. La intensidad de sus efectos sobre la morfología de la raíz depende de las especies vegetales a cultivar y lo que es más importante, la concentración de los

bacterias en los inoculantes bacterianos, los cuales son definidos como preparaciones que contienen células vivas o latentes de cepas eficientes en la fijación de nitrógeno y solubilización de fosfatos usados para tratar semillas o suelo, las cuales tiene la capacidad de convertir elementos nutricionales no disponibles a disponibles a través de procesos biológicos (Mishra *et al.*, 2010).

En relación al porcentaje de germinación en semillas de *P. montezumae* se encontró una germinación entre 61.1% a 94.4 % con los tratamientos inoculados, sobresaliendo los tratamientos con bacterias fijadoras de nitrógeno y la combinación de bacterias solubilizadoras de fosfatos con el hongo *Hebeloma*. La germinación de las semillas de *P. moctezumae* inició a los 12 días concluyendo a los 30 días sin que se registrara un incremento en el porcentaje de germinación por efecto de la incorporación de microorganismos benéficos, lo anterior contrasta con reportes donde se menciona altos porcentajes de germinación a temperaturas entre 18 y 22 °C con 51.50 %, con 25 °C 39.68 %, quizá se deba a que las temperaturas ensayadas en la presente investigación fueron de 33 °C. Villagomez-Aguilar (1987), menciona que el proceso de la germinación presenta una serie de cambios morfológicos fisiológicos y bioquímicos, los cuales se ven afectados por factores ambientales. La elevada temperatura disminuye los días de inicio de germinación y tiene efectos significativos sobre los porcentajes al igual que la asepsia de las semillas y el sustrato.

Cuadro 2. Poblaciones de bacterias fijadoras de nitrógeno, bacterias solubilizadoras de fosfatos, *Trichoderma* y *Hebeloma* inoculadas en el sustrato y en plantas de *P. montezumae* Lamb.

BACTERIAS	Primera inoculación UFC g sustrato ⁻¹	Segunda inoculación UFC mL ⁻¹
<i>Azospirillum brasilense</i> UAP151	172.5X10 ⁷	20.0X10 ⁷
<i>Azospirillum brasilense</i> UAP 154	63.0X10 ⁷	26.7X10 ⁷
<i>Klebsiella pneumoniae</i> KMT10	30.0X10 ⁶	12.3X10 ⁶
<i>Chromobacterium violaceum</i> BUAP 35	183.5X10 ⁶	79.8X10 ⁷
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i> BUAP 40	56.0X10 ⁷	33.1X10 ⁷
<i>Trichoderma asperellum</i> Tach	7.3x10 ⁷	9.0x10 ⁷
<i>Hebeloma mesophaeum</i> Hm	10 ⁷ esporas g ⁻¹	10 ⁷ esporas g ⁻¹

Al evaluar la altura se observó que la inoculación con bacterias solubilizadoras de fosfato en combinación de los dos hongos *Hebeloma* y *Trichoderma* en el tratamiento 15, tiene un incremento de 30.87% con respecto al control. El tratamiento 11, inoculado con bacterias fijadoras de nitrógeno *Azospirillum brasilense* y *K. pneumoniae* en combinación con *T. asperellum* generó un incremento de 26.91% por arriba del tratamiento control.

El tratamiento 2, inoculado con bacterias solubilizadoras de fosfato solas y el tratamiento 4, con la presencia de bacterias solubilizadoras de fosfato y bacterias fijadoras de nitrógeno *K. pneumoniae*, quedaron por debajo del tratamiento control.

Al evaluar la masa seca de la parte aérea se encontró, un incremento del 52.17% en el tratamiento con bacterias solubilizadoras de fosfato en combinación con *H. mesophaeum* y *T. asperellum*. La parte radical se incrementó hasta en 76.42% aplicando bacterias fijadoras de nitrógeno con *T. asperellum*. Además del tratamiento bacterias fijadoras de nitrógeno en combinación con *K. pneumoniae* mas *H. mesophaeum* y el tratamiento con bacterias solubilizadoras de fosfato en combinación con *H. mesophaeum* y *T. asperellum* con un incremento de 47.05% con respecto al control.

Los incrementos encontrados en altura, masa seca de tallo y radical por efecto de la inoculación con bacterias y hongos promotores del crecimiento vegetal y hongos ectomicorrízicos, es una alternativa en la propagación de especies de plantas de pino. Las bacterias asociativas que fijan nitrógeno y producen sustancias reguladoras del crecimiento vegetal como ácido indol acético y giberelinas, pueden estimular la germinación, el crecimiento, la producción de raíces laterales y pelos radicales y favorecen la absorción de nutrimentos. Algunas bacterias productoras de auxinas, pueden incrementar la emergencia de semillas vegetales, dentro de ellas se encuentran las bacterias

fijadoras y solubilizadoras y junto con las ectomicorrizas pueden reducir el tiempo de manejo en vivero y el establecimiento exitoso en campo de especies forestales (Zambrano y Díaz, 2008).

Cuadro 3. Efecto de la inoculación de bacterias fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fosfatos y hongos en altura y masa seca parte aérea y radical, en plántulas de *P. montezumae*, a los 7 meses después de la inoculación.

Tratamientos	Altura (cm)	%	Parte aérea (g) %	%	Parte radical (g)	
15	9.92 ± 0.6058 [£] a	30.87	0.35 ± 0.02 [£] a	52.17	0.25 ± 0.05 [£] ab	47.05
11	9.62 ± 0.8786 ab	26.91	0.32 ± 0.06 ab	39.13	0.19 ± 0.03 bcd	11.76
12	9.50 ± 0.7000 abc	25.33	0.31 ± 0.05 ab	34.78	0.23 ± 0.07 abcd	35.29
1	9.34 ± 0.6427 abc	23.22	0.30 ± 0.04 ab	30.43	0.24 ± 0.06 abc	41.18
9	9.16 ± 0.4615 abc	20.84	0.30 ± 0.03 ab	30.43	0.30 ± 0.03 a	76.42
7	9.08 ± 0.7530 abcd	19.79	0.30 ± 0.02 ab	30.43	0.25 ± 0.06 abc	47.05
13	8.78 ± 1.0710 abcde	15.83	0.29 ± 0.08 abc	26.08	0.24 ± 0.06 abc	41.18
3	8.74 ± 0.5771 abcde	15.30	0.29 ± 0.01 abc	26.08	0.24 ± 0.03 abc	41.18
5	8.68 ± 0.9094 abcde	14.51	0.26 ± 0.03 abc	13.04	0.18 ± 0.03 abc	5.88
14	8.66 ± 0.3975 abcde	14.25	0.25 ± 0.01 bc	08.69	0.20 ± 0.04 bcd	17.65
8	8.44 ± 0.6348 abcde	11.35	0.23 ± 0.03 bc	0.00	0.17 ± 0.03 bcd	0.00
10	8.14 ± 0.5413 bcde	7.39	0.19 ± 0.04 c	-17.39	0.13 ± 0.02 d	- 23.53
6	7.98 ± 0.9365 cde	5.28	0.23 ± 0.04 bc	0.00	0.15 ± 0.05 cd	- 11.76
16	7.58 ± 0.2588 de	0.00	0.23 ± 0.04 bc	0.00	0.17 ± 0.03 bcd	0.00
2	7.34 ± 0.4615 e	-3.17	0.20 ± 0.01 c	-13.04	0.15 ± 0.01 cd	- 11.76
4	7.26 ± 0.6229 e	-4.22	0.20 ± 0.01 c	-13.04	0.14 ± 0.03 d	- 17.65

[£]Valores promedio de 5 repeticiones, seguidas de su desviación estándar; letras iguales dentro de la misma columna no existen diferencias significativas a P= 0.05.

El mayor porcentaje de micorrización se obtuvo en el tratamiento 15 con bacterias solubilizadoras de fosfatos combinadas con *H. mesophaeum* y *T. asperellum* con 15.7 %. seguido del tratamiento 14 con la mezcla de *Azospirillum*, *H. mesophaeum* y *T. asperellum* con 12.2%, además del tratamiento 5 con *Azospirillum* y *H. mesophaeum* con 10,3% y el tratamiento con bacterias solubilizadoras de fosfatos combinada con *Klebsiella* y *H. mesophaeum* con 10.1%. Cabe mencionar que cuando se aplicó solo *H. mesophaeum* y *T. asperellum* la micorrización fue de 1.8 %.

Lo anterior, demuestra que la micorrización de plantas de pino se puede incrementar mediante bacterias favorecedoras de la micorrización, las cuales estimulan la formación de raíces laterales y

favorecen el crecimiento de los hongos generando un aumento en el número de posibles sitios de interacción planta hongo (Barbieri *et al.*, 2012). Aspray *et al.* (2006), siguieron tomar en cuenta la dosis del inoculo y el momento de aplicación, lo que daría un panorama completo sobre el potencial de las bacterias en el ambiente y su influencia el desarrollo de las micorrizas.

Conclusión

La inoculación de bacterias reguladoras de crecimiento vegetal y hongos benéficos en semillas forestales es una alternativa para aumentar la productividad de las plantaciones forestales.

Agradecimientos

A Biofertiabuap, Programa Institucional BUAP y al proyecto SEP-PROMEP por el financiamiento.

Bibliografía

- Adesemoye, A.O. y D. Egamberdieva. 2013. Beneficial effects of plant grow-promoting rhizobacteria on improved crop production: prospects for developing economics. pp. 45-63. *In: Maheshwari, D.K. et al., (Eds). Bacteria in Agrobiolgy: crop productivity.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Aspray, T.J., E. E. Jones, J.M. Whipps y G.D. Bending. 2006. Importance of mycorrhization helper bacteria cell density and metabolite localization for the *Pinus sylvestris*-*Lactarius rufus* symbiosis. *FEMS Microbiol. Ecol.* 56:25-33.
- Barbieri, E., P. Ceccaroli, F. Palma, D. Agostini and V. Stocchi. 2012. Ectomycorrhizal helper bacteria: The third partner in the simbiosis. Pp 125-141. *In: Zambonelli, A. and G.M. Bonito (Eds.) Edible Ectomycorrhizal Mushrooms, Soil Biology* 34. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Barreto, D., N. Valero, A. Muñoz, A. Peralta. 2007. Efecto de microorganismos rizosféricos sobre germinación y crecimiento temprano de *Anacardium Excelsum*. *Zonas Áridas* 11(1): 240-250.
- Bruns T. D., M. I. Bidartondo y D. L Taylor. 2002. Host Specificity in Ectomicorhizal communities: What do the exceptions tell us?. *Integ. and Comp. Biol.* 42:352-359.
- Carrasco-Hernández, V. 2011. Aspectos ecofisiológicos de la raíz de *Pinus pseudostrobus* y *P. patula* y especies ectomicorrízicas comestibles de *Hebeloma* spp. y *Laccaria* spp. Maestría en Ciencias Montecillo, Texcoco, Estado de México. 89 p.
- Enríquez-Peña E.G., H. Suzán-Spiri y G. Malda-Barrera. 2004. Viabilidad y germinación de semillas de *Taxodium mucronatum* (Ten.) en el estado de Querétaro, México. *Agrociencia* 38:375-381.
- Goldstein, A. H. 1986. Bacterial solubilization of mineral phosphates: historical perspective and future prospects. *Am. Altern. Agric.* 1:51-57.
- Loreto-Osti, C., L. López-Reyes y D. Espinoza-Victoria, 2004. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: una revisión *TERRA Latinoamericana*, 22 (2):225-239.
- Mishra, A., K. Prasad y G. Rai. 2010. Effect of Bio-fertilizer inoculations on growth and yield of dwarf field Pea (*Pisum sativum* L.) in conjunction with different doses of chemical fertilizers. *Journal of Agronomy* 9(4):163-168.
- Okon, Y. y C. Labandera. 1994. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil Biology Biochemistry* 26(12):1591-1601.
- Pérez-Moreno J. y D.J. Read. 2004. Los hongos ectomicorrízicos, lazos vivientes que conectan y nutren a los árboles en la naturaleza. *Interciencia* 29: 239-247.
- Rodríguez-Cáceres, E.A. 1982. Improved medium for isolation of *Azospirillum* spp. *Appl. Environ. Microbiol.* 4:990-991.
- Villagómez-Aguilar, Y. 1987. Germinación de semilla de *Pinus montezumae* Lamb. En diferentes temperaturas, sustratos y tratamientos de asepsia. *Rev. Ciencia Forestal.* 61 (12): 159-190.
- Zambrano, J.A. y L.A. Díaz. 2008. Efecto de la inoculación de *Azospirillum brasilense* y *Glomus* sp. en *Gmelina arborea* durante su germinación y manejo en vivero. *Universitas Scientiarum* 13(2): 162-170.

APROVECHAMIENTO DE LAS MACROALGAS COMO SUSTRATO PARA LA EMERGENCIA Y CRECIMIENTO DE PLANTULA DE ALBAHACA

Ocimum basilicum

Rafael Hernández, E. 1; Ruiz Espinoza, F. H. *2; Beltrán Morales, F. A. 2; Loya Ramírez, J. G. 2; Zamora Salgado, S. 2; Rodríguez Ortiz, J. C. 3; Rodríguez Fuentes, H. 4; Ríos Mena, R.2

¹Egresado de la carrera de Ing. Agrónomo. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S., México.

² Profesor Investigador. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S., México.

³ Profesor Investigador. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México

⁴ Profesor Investigador. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León. México

*Autor responsable: fruiz@uabcs.mx; Calle carretera al Sur km 5.5, Col. Mezquitito, La Paz, Baja California Sur. México. CP 23080; Tel. +52(612)-123-8800

Resumen

El objetivo del presente trabajo consistió en evaluar diferentes concentraciones de algas marinas en la emergencia y crecimiento en la producción de plántulas de albahaca en vivero, para lo cual se prepararon tres mezclas de algas marinas con sustrato comercial (12.5:87.5, 25:75, 37.5:62.5 y el testigo comercial absoluto). Los resultados obtenidos confirman que las algas marinas verdes y café posee características que permiten lograr una buena producción y calidad en la plántulas de albahaca para el transplante, ya que afecto positivamente las variables evaluadas (altura, área foliar y emergencia), las relaciones altas de algas: presentan inhibición de las variables evaluadas, lo anterior se vio reflejado en la obtención de menor emergencia, altura y área foliar en las concentraciones de 25:75, 37.5:62.5 de alga-sustrato de ambas algas (verde y café). En general los mayores valores en estos parámetros correspondieron a la mezcla de algas-sustrato verde y café de 12.5:87.5.

Palabras clave: Fertilizantes orgánicos; sustrato; productividad

Introducción

Las algas marinas forman parte integrante de los ecosistemas marinos costeros, estos incluyen a la alga marina macroscópica, multicelulares que comúnmente habitan en las regiones costeras de los océanos del mundo, donde los sustratos adecuados existen. Ha sido estima que hay cerca de 9.000 especies de macro algas clasificar en tres grandes grupos en función de su pigmentación (Phaeophyta, Rhodophyta, y Chlorophyta, o verde rojo y marrón, respectivamente) Enciso, (2004).

El mar provee de una gran cantidad de recursos, algunos de los cuales en determinadas circunstancias, pueden convertirse en residuos. En el caso de las algas, estas son consideradas un residuo en aquellas zonas donde los problemas de eutrofización originan crecimientos excesivos de las mismas (Morand & Briand 1996), así como en las zonas turísticas, donde en verano las algas son arrastradas por la marea y por el viento llegando a las costas, e interfiriendo con los usos recreativos de las mismas, lo cual hace necesaria su recolección (Eyras & Sar 2003). También las algas resultan problemáticas en las zonas de marisqueo en donde su acumulación perjudica a los cultivos de bivalvos y en acuicultura (Rodríguez *et al.*, 1987; Niell *et al.*, 1996).

Históricamente, las algas se han utilizado como acondicionadores del suelo en la mejora de crecimiento de las plantas en cultivos agrícolas especialmente en las zonas cercanas a las costas (Chapman y Chapman, 1980). La invención de fertilizante líquido por Milton (1952) y seco en polvo por Stephenson (1974) proporciona un mayor acceso de los fertilizantes a los usuarios en las actividades de la horticultura y la agricultura. Comercialmente, los extractos de algas pardas son

buenas fuentes de los fertilizantes. El uso de extractos de algas marinas en la agricultura es un campo que ha despertado el interés de la investigación en los últimos años. Uno de los motivos se debe al hecho de que las algas marinas crecen rápido, producen gran volumen de biomasa y son fuente de diversas sustancias con actividad biológica (Talamini & Stadnik, 2004).

Las especies más estudiadas son las macroalgas como la verde, *Ulva Lactuca*, el alga marrón *Laminaria digitata* y el alga *Ascophyllum nodosum*. A escala industrial ha requerido, para propósitos prácticos, de un análisis detallado de sus constituyentes químicos. Desde el punto de vista nutricional, las algas *macrocystis* son productos bajos en calorías, con un alta concentración de minerales (Mg, Ca, K, y N) vitaminas, proteínas, carbohidratos poco digestibles, fibra y bajo contenido de lípidos. (Jiménez-Escrig *et al.*, 1999).

En el mismo contexto la producción de plantas finas (culinarias y aromáticas), pueden ser una alternativa de producción en condiciones de invernadero, especialmente en sistemas hidropónicos. Cabe mencionar que México es el principal proveedor de albahaca (*Ocimum basilicum*.) verde, cilantro (*Coriandrum sativum*) y perejil (*Petroselinum sativum*) a E.E. U.U.

La albahaca (*Ocimum basilicum*.) es una planta aromática y medicinal, planta Herbácea, anual de tallos erectos y ramificados, frondosa, que alcanza de 30 a 50 cm. de altura. Las hojas de 2 a 5 cm., con hojas suaves, oblongas, opuestas, pecioladas, aovadas, lanceoladas y ligeramente dentadas. Las flores son blancas dispuestas en espigas alargadas, asilares, en la parte superior del tallo o en los extremos de las ramas, lampiñas de color verde intenso con pequeñas flores blanco azuladas dispuestas en forma de largos ramilletes terminales. Se reportan de 50 a 60 especies de *Ocimum* pero además en una aliada de la huerta al repeler insectos y enfermedades (Ruiz, 2009).

La albahaca es un cultivo básico para los agricultores productores de especias para exportación en el sur del Estado de Baja California Sur. El cultivo se siembra en suelo local (loess arenoso), en invernaderos, túneles abiertos o estructuras de redes de diferentes tamaños. Por lo que el objetivo fue evaluar diferentes concentraciones de algas marinas en la emergencia y crecimiento de plántulas de albahaca.

Materiales y Métodos

Primero se recolectaron las algas en el malecón costero de La Paz Baja California Sur, en mismo sitio se realizó el lavado con agua de mar y con agua potable, de igual manera fueron identificadas, después separadas por color (café y verde), posteriormente se deshidrataron al sol, una vez deshidratadas se trituraron con molino manual para tener mejor textura, después se analizaron en el laboratorio de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, (UABCS) ubicada en el km 5.5 carretera al sur en la ciudad de la Paz. Localizada en las coordenadas 24° 10' latitud norte y 110° 19' longitud oeste, al Norte limita con Baja California, donde los análisis físicos fueron pH y conductividad eléctrica y las análisis que se les realizaron fueron de nitrógeno, fósforo, potasio, y calcio-magnesio, los tratamientos consistieron en mezclas de un sustrato comercial para la producción de plántula (peat most) con algas. Los tratamientos fueron (v= alga verde y c=alga café) v1=12.5%, v2=25%, v3=37.5%, c1=12.5%, c2=25%, c3=37.5%, y un testigo absoluto. La plantación se realizó en 37 charolas germinadoras de 50 cavidades de plástico como parcela experimental, el diseño experimental fue un completamente al azar con 4 repeticiones. Las variables medidas fueron: emergencia de la plántula, altura, área foliar. El análisis estadístico se realizó con el programa Statistica 6.0, mientras que la comparación de medias fue Duncan al $P \leq 0.05$.

Resultados y Discusión

En el cuadro 1 se presentan los resultados del análisis químico realizado a los tipos de algas en estudio (alga verde y café). El contenido de los minerales estudiados en el extracto de la muestra. Se puede partir que de estos resultados, estas especies de algas café y verde presentan cantidades

apreciables de calcio, potasio, fósforo, nitrógeno, MO y magnesio, además presentan un pH casi neutro.

Cuadro 1. Resultado de nutrientes de los tipos de macro algas

Variables	Alga verde	Alga café
Nitrógeno (%)	1.228	1.278
Fósforo (ppm)	5.5 de P ₂ O ₅	2.78 de P ₂ O ₅
Potasio (ppm)	22.69 de K ₂ O	116.64 de K ₂ O
Calcio (ppm)	200.40	761.52
Magnesio (ppm)	3,834.77	2,946.12
MO (%)	24.56	25.50
CE (dS/m ²)	29	27
pH	7.37	7.22

En la Figura 1 y 2 se muestra la dinámica del crecimiento de la planta de albahaca durante las 10 fechas de muestreo, el máximo crecimiento se presentó en la mezcla de los tratamientos de 12.5% tanto de alga verde (v) y alga café (c) las cuales estadísticamente no presentaron diferencias significativas, sin embargo las concentraciones de 25 y 37.5% presentaron una disminución en su desarrollo, en cuanto al testigo se ubico en la parte intermedia, esto quiere decir que a medida que se incrementa las concentraciones de algas se reduce el crecimiento de las plantas de albahaca. Estos resultados coinciden a lo reportado por Church, (1990) donde establecen que las algas al estar concentradas, se deben aplicar en pequeñas dosis, ya que los compuestos activos deben ser efectivos a bajas concentraciones, por lo tanto los reguladores del plan de crecimiento son probablemente los ingredientes activos. Debido a la amplia gama de respuestas fisiológicas suscitado, es probable que más de un grupo de regulador del crecimiento vegetal esté implicado. En la figura 3 se muestra el área foliar de los diferentes tratamientos, donde el mejor tratamiento fue la mezcla de 12.5% de alga verde, seguido del tratamiento de 12.5% de alga café, el incrementó del área foliar entre el tratamiento v1 (28.02 cm²) con respecto al testigo (7 cm²) fue de 75%, mientras que el aumento del área foliar entre el segundo mejor tratamiento c1 (17.13 cm²) respecto al testigo fue de 59.13%. Estos resultados se deben principalmente a que las respuestas fisiológicas incluyen una mayor movilización de nutrientes y partición, el desarrollo de un sistema radicular vigoroso, por lo que trae consigo el incrementó en el contenido de clorofila y el área foliar (Metting *et al.*, 1990).

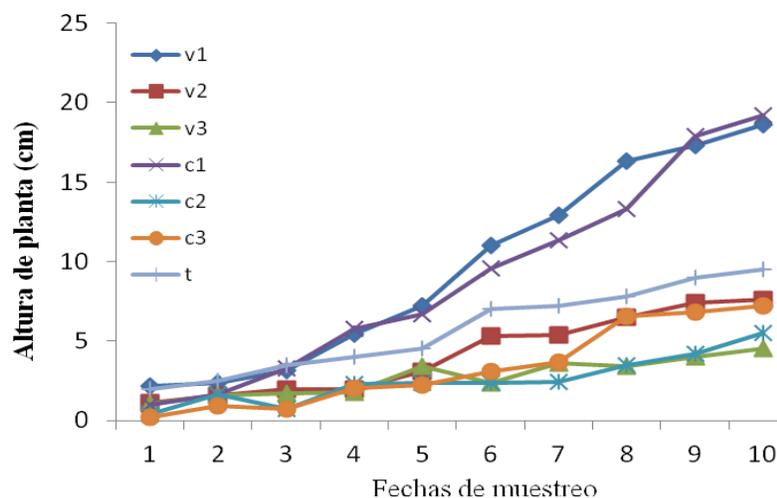


Figura 1.- Dinámica de crecimiento con los tratamientos distribuidos en las fechas de evaluación en la plántula de albahaca. (v= alga verde y c=alga café, v1=12.5%, v2=25%, v3=37.5%, c1=12.5%, c2=25%, c3=37.5%, y t=testigo absoluto). (Duncan $P \leq 0.05$).

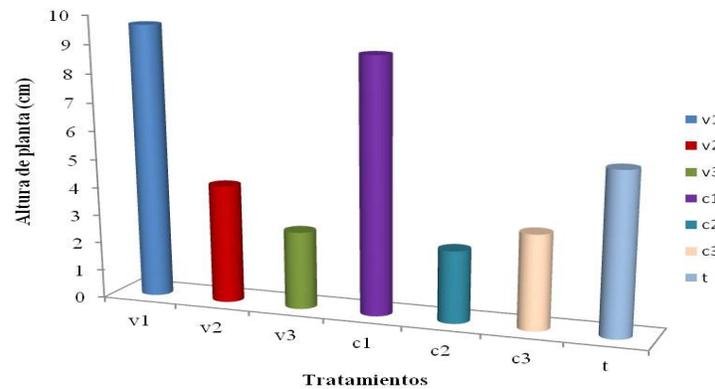


Figura 2.- Altura total promedio de la plántula de albahaca. (v= alga verde y c=alga café, v1=12.5%, v2=25%, v3=37.5%, c1=12.5%, c2=25%, c3=37.5%, y t=testigo absoluto). (Duncan $P \leq 0.05$).

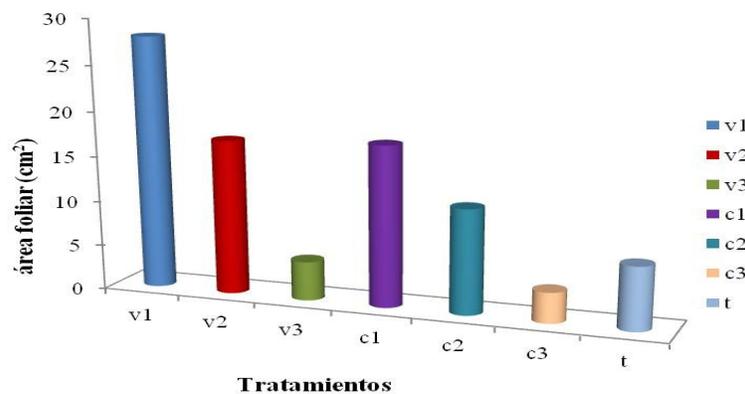


Figura 3.- Área foliar de la plántula de albahaca con los diferentes tratamientos de algas (v= alga verde y c=alga café, v1=12.5%, v2=25%, v3=37.5%, c1=12.5%, c2=25%, c3=37.5%, y t=testigo absoluto). Duncan ($P \leq 0.05$).

En la figura 4 se aprecia que las mezclas al 12.5% de alga verde y café no muestran diferencias significativas respecto al testigo, pero si con las mezclas de 25 y 37.5% respectivamente. Se puede establecer que la diferencia entre el porcentaje de emergencia entre las mezclas de 12.5% respecto a la mezcla de 25% de 27 % menos de emergencia, mientras que la del 37.5 % presentó 53% menos emergencia total. Esto trae consigo que una mezcla de 12.5% de alga verde o café con el sustrato comercial trae consigo una mayor germinación, mejor emergencia y un crecimiento más efectivo en el establecimiento de plántula para transplante.

Los resultados coinciden con varios autores (Aitken *et al.*, 1965; Button y Noyes 1964), donde establecen que la adición de algas a un suelo o sustrato agrícola aporta diferentes beneficios a los cultivos abonados con ellas, tales como aumento de la producción, mejor germinación de las semillas y la calidad de almacenamiento del fruto. En este mismo sentido otros autores (Araujo, 2012; Jolivet *et al.*, 1991; Arthur *et al.*, 2003, Zuñiga, 1996, El-Sheekh, 2000) mencionan que los efectos conseguidos por los productos formulados a base de algas marinas funcionan como bioestimulantes de las plantas con lo que aumentan el crecimiento de las plantas y adelantan la germinación y emergencia de las semillas.

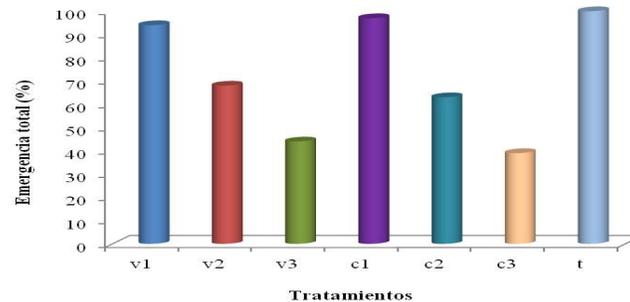


Figura 4.- Emergencia total de albahaca con tratamientos de algas (v= alga verde y c=alga café, v1=12.5%, v2=25%, v3=37.5%, c1=12.5%, c2=25%, c3=37.5%, y t=testigo). Duncan ($P \leq 0.05$).

Conclusiones

La mezcla de algas-sustrato verde y café de 12.5:87.5. benefició las variables evaluadas (altura, área foliar y emergencia), las relaciones altas de algas: presentan inhibición de las variables evaluadas, lo anterior se vio reflejado en la obtención de menor emergencia, altura y área foliar en las concentraciones de 25:75, 37.5:62.5 de alga-sustrato de ambas algas (verde y café).

Bibliografía

- Aitken J B, Senn T L. 1965. Seaweed products for horticultural crops. *Bot. Mar.* 8: 144-48.
- Araujo IB, Peruch LAM, Stadnik MJ (2012) Efeito do extrato de alga e da argila silicatada na severidade da alternariose e na produtividade da cebolinha comum (*Allium fistulosum*L.). *Trop Plant Pathol* 37:363–367
- Arthur, G., D. Stirk, and J. Vanstaden. 2003. Effect of a seaweed concentrate on the growth and yield of three varieties of *Capsicum annuum*. *South African Journal of Botany* 69:207-211
- Button E F, Noyes C.F. 1964. Effect of a seaweed extract upon emergence and survival of creeping red fescue. *Agron J*, 56:444-445.
- Chapman, V.J. and Chapman, D.J. (1980). *Seaweeds and their Uses*, 3rd edition. Chapman and Hall, USA, 334 pp.
- Church, D.C. y Pond, W.G. (1990). *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales*. Limusa, Mexico, 438 pp.
- Eyras, C., & Sar, E. A. (2003). Arribazones estivales en Puerto Madryn, Argentina, como materiales para la obtención de compost. *Bol Soc Argent Bot*, 38, 105-111.
- Jiménez-Escrig, A., Goñi, I. Nutritional evaluation and physiological effects of edible seaweeds. *Arch. Latinoam. Nutr.*, Caracas, v.49, n.2, p.114-120, 1999
- Jolivet, E., de Langlais Jeannin, I., & Morot Gaudry, J. F. (1991). Seaweed extracts: phytoactive properties and role in agriculture. *Annee Biologique*, 30.
- Milton RF (1952). Improvements in or relating to horticultural and agricultural fertilizers. British Patent 664,989
- Metting B, Zimmerman WJ, Crouch IJ, van Staden J (1990) Agronomic uses of seaweed and microalgae. In Katsuka IA (ed.), *Introduction to Applied Phycology*. SPB Academic Publishing,
- Morand, P., & Briand, X. 199). Excessive growth of macroalgae: a symptom of environmental disturbance. *Bot marina*, 39(1-6), 491-516.
- Niell, F. X., C. Fernández, F. L. Figueroa, F. G. Figueiras, J.M. Fuentes, J. L. Pérez-Llorens, M. J. García-Sánchez, I.Hernández, J. A. Fernández, M. Espejo, J. Buella, M. C.García Jiménez, V. Clavero and C. Jiménez. (1996). Spanish Atlantic Coasts. En: W. Schramm and P. H. Nienhuis (Eds.) *Marine Benthic Vegetation. Recent Changes and the Effects of Eutrophication (Ecological Studies)*: 123: 263-281. Springer-Verlag. Berlin, Heildelberg.
- Rodríguez, E., F. Fernández, X. M. Romaris and J. P. Pazo. (1987). Valoración de una técnica de semicultivo: limpieza de algas clorofíceas en la Ensenada de San Simón. In: *Actas del II Congreso Nacional de Acuicultura*. A. Landín and A. Cerviño (Eds.) 12: 359-364. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela, Spain.
- Ruiz-Espinoza F. H., Vázquez-Vázquez, C., Orona-Castillo, I, Murillo-Amador B., Beltrán-Morales, F. A, Loya-Ramírez J' G. (2009) Análisis de los componentes de rendimiento de albahaca bajo dos manejos de suelo. *Memorias de la XXI Sem Internacional de Agronomía*. Universidad Juárez del estado de Durango.
- Stephenson WA (1974) *Seaweed in agriculture & horticulture*, 3rd edn. Barglya & Gylver Rateaver, Pauma Valley CA.

- Talamini, V.; Stadnik, M.J. Extratos vegetais e de algas no controle de doenças de plantas. In: Stadnik, M.J.; Talamini, V. Manejo ecológico de doenças de plantas. Florianópolis: Univ. Federal de Santa Catarina, 2004. cap. 3, p.45-62.
- Zuñiga, D. (1996): El género *Sargassum* y sus arribazones a Playa Larga, Cayo Coco, Cuba. Tesis en Opción al Grado de Maestro en Ciencias en Biología Marina. Ciego de Ávila.

SELECCIÓN DE PROPÁGULOS DE HONGOS MICORRIZICOS NATIVOS PARA LA ELABORACIÓN DE BIOINOCULANTES PARA AGAVE

Rincón Enríquez, G.1; Montoya Martínez, A. C.1,2; Trinidad Cruz, J. R.1; López Pérez, L.2; Quiñones Aguilar, E. E.1*

¹Unidad de Biotecnología Vegetal, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. Guadalajara, Jalisco México.

²Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Tarímbaro, Michoacán, México.

*Autor responsable: eqaguilar08@gmail.com; Normalistas No. 800, Colonia Colinas de la Normal. Guadalajara, Jalisco México. CP 44270. Tel. +52 (33) 33455200 Ext. 1703.

Resumen

La cadena productiva Agave-Tequila es una fuente generadora de riqueza importante por ejemplo durante 2007 con 9800 ha cosechadas generó una riqueza de 2596 millones de pesos. Sin embargo de acuerdo a el Consejo Regulador del Tequila (CRT) ha calculado que entre un 20-30% de las plantas cultivadas de agave se encontraron enfermas por pudrición del cogollo, pudrición del tallo, marchitez, enrollamiento o decoloración de la hoja; por lo cual esta fuente de generación de riqueza está amenazada, además de que la aplicación de pesticidas como método de control de esas enfermedades demerita el valor del producto final, por lo que resulta necesario buscar nuevas alternativas para el control de dichas enfermedades, el control biológico mediante hongos formadores de micorriza arbuscular (HMA) representa una alternativa en la producción del agave. También los HMA pueden emplearse como biofertilizante ya que al establecerse la simbiosis HMA-raíz, el HMA aporta diversos beneficios a la planta, entre los que destacan una mejor nutrición, (principalmente de fósforo). Por lo cual el objetivo de este trabajo fue evaluar tres consorcios de HMA sobre el crecimiento de agave. Para lo cual se realizó un experimento factorial 4x4 en un diseño experimental completamente al azar, donde el factor 1 fueron los HMA: sin HMA, tres inóculos provenientes de la Denominación de Origen del Tequila (DOT)-Michoacán (LNP-MVC, LPE-MVM y CE8-MJ) y el factor 2 fue el tipo de sustrato con cuatro niveles: arena, arena:agrolita (80:20); arena:materia orgánica -MO- (80:20) y arena:agrolita:MO (60:20:20). Se evaluaron 16 tratamientos con 4 repeticiones cada uno. Se analizaron las variables peso fresco del follaje (PFF), raíz (PFR) y total (BT); al inicio del experimento se registro el peso fresco de las plantas de agave, por lo que se calculo el porcentaje de incremento en peso fresco (BI) y porcentaje de incremento respecto al peso inicial fresco (PII); finalmente se calculo un índice de crecimiento de peso fresco aéreo respecto al peso de raíz (ICPFF/R). Los resultados indican que los tratamientos que contuvieron el inóculo CE8-MJ en cualquier de los cuatro sustratos mostraron valores significativamente (Tukey $P \leq 0.05$) mas altos que los otros tratamientos. Mientras a nivel del análisis factorial comprueba que CE8-MJ mostró los valores significativamente mayores (Tukey $P \leq 0.05$) de los otros HMA, mientras que a nivel de los sustratos aquellos que contuvieron MO mostraron diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$) respecto a los que no tuvieron. Estos resultados indican que el empleo del HMA CE8-MJ podría ser empleado para promover el crecimiento del agave.

Palabras clave: *Agave tequilana*; hongos micorrizicos arbusculares; biofertilizantes

Introducción

El término micorriza fue introducido en 1885 por Frank y deriva de los vocablos griegos *mykes* "hongo" y *Rhiza* "raíz" y es utilizado para describir las asociaciones entre hongos y raíces de plantas,

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo *Suplemento Especial No. 1, Vol. III. 2014*

donde parte del micelio fúngico se encuentra en el tejido de la planta hospedera y otra parte está en contacto con el suelo. Su abundancia y su influencia son de gran trascendencia fisiológica y ecológica para el buen funcionamiento y estabilidad de las comunidades vegetales (Deacon, 1980; Ferrera-Cerrato, 1989; Smith y Douglas, 1987; O' Dell *et al.*, 1992). De hecho, la micorriza es la colonización fúngica más extendida en el reino vegetal y los hongos micorrízicos contribuyen de manera sustancial a la biomasa del suelo (Guerrero, 1996). Existen diferentes tipos de micorrizas, pero los principales son la micorriza arbuscular o endomicorriza, la ectomicorriza y la micorriza ericoide, las cuales se forman con grupos específicos de hongos. La micorriza arbuscular es la asociación mutualista entre algunos hongos del suelo y la raíz de la mayoría de las plantas. En ella, el micelio del hongo coloniza la corteza radical a modo de endófito y proyecta sus hifas tanto al interior como al exterior de la raíz (Brundrett *et al.*, 1996). Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) forman parte importante de la biota microbiana, ya que contribuyen de manera fundamental en la nutrición de las plantas, permitiendo un incremento en la capacidad de absorción de agua y mayor eficiencia en la entrada de nutrimentos minerales principalmente aquellos poco móviles como P, Zn y Cu, y también S, Ca, Mg, Fe, Mn, Cl, Br y N, favoreciendo un mayor crecimiento de la planta, lo que indica que con el uso de estos hongos, la aplicación de fertilizantes podría reducirse. Se ha observado que las plantas micorrizadas son tolerantes a suelos salinos, tóxicos por metales, tienen mayor tolerancia a las enfermedades de la raíz, e inducen la producción de fitohormonas y otros efectos benéficos (Hayman, 1982; Varela y Estrada-Torres, 1991; Azcon *et al.*, 1992; Bethlenfalvay, 1992). En agave el estudio de la simbiosis micorrízica se ha limitado a trabajos ecológicos y de biodiversidad (Ochoa-Meza *et al.*, 2009; Carballar-Hernández, 2009), así como la evaluación del efecto de la simbiosis en algunas variables fisiológicas y en el crecimiento de las plantas (Robles *et al.*, 2007; Pimienta-Barrios *et al.*, 2009) sin encontrarse efectos importantes de los HMA sobre el crecimiento vegetal de las plantas de agave; sin embargo no se han seleccionado cepas de HMA que puedan utilizarse en como biofertilizantes. Por lo cual el objetivo de esta investigación fue evaluar consorcios microbianos de HMA nativos de plantaciones cultivadas con agave en la promoción del crecimiento vegetal de plantas de *A. tequilana*.

Materiales y Métodos

El experimento se estableció en el invernadero del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), ubicado en la ciudad de Guadalajara, Jalisco. Los materiales biológicos utilizados fueron plantas de agave (*Agave tequilana*) provenientes de bulbilos. Los inóculos de HMA se obtuvieron a partir de la zona de Denominación de Origen del Tequila (DOT) del estado de Michoacán (Cuadro 1).

Cuadro 1. Sitio de proveniencia de los inóculos de hongos micorrízicos arbusculares provenientes de la Denominación de Origen del Tequila (DOT) del estado de Michoacán.

Municipio	Localidad	Sitio de muestreo	Tipo de plantación/ edad plantación	Ubicación geográfica	Altitud (msnm)	Clave consorcio HMA
Jiquilpan de Juárez	Totalán	Cebadas 8	<i>A. tequilana</i> cultivado/ 5 años	N 19°58'45.01" O 102°39'30.76"	1628	CE8-MJ
Villamar	San Antonio Guaracha	La Presa "parcela escolar"	<i>A. tequilana</i> cultivado/ 3 meses	N 19°58'24.39" O 102°33'59.32"	1602	LPE-MVM
Venustiano Carranza	La Palma	La Nueva Palma	<i>A. tequilana</i> cultivado/ 2 años	N 20° 8'14.09" O 102°46'5.93"	1555	LNP-MVC

Trasplante e inoculación

Se tomaron bulbilos de agave con tamaño homogéneo, estas fueron trasplantadas en una maceta, la cual contenía una mezcla constituida por arena, agrolita y materia orgánica estériles (120 °C durante 8 horas). Al momento del trasplante, a cada bulbilillo se le agregaron, en el área basal de la planta, 100 g de inóculo de HMA provenientes directamente de campo.

Al inicio del experimento, las plantas se regaron dos veces por semana y posteriormente una por semana para mantenerlas húmedas.

Diseño de tratamientos y experimental

Se realizó un diseño factorial 4x4, al factor uno fueron los HMA, con cuatro niveles: 1) sin HMA (sinM), CE8-MJ (CE), LPE-MVM (LE), LPN-MVC (LP). El factor dos fue tipo de sustrato con cuatro niveles: 1) arena, 2) arena:agrolita en proporción 80:20, 3) arena:materia orgánica en proporción 80:20, 4) arena:agrolita:materia orgánica en proporción 60:20:20. La combinación de los niveles de HMA y sustrato constituyeron los 16 tratamientos con 4 repeticiones cada uno, los cuales fueron dispuestos aleatoriamente. Cada maceta con una planta (bulbilo) representó una unidad experimental (UE), por lo que se obtuvieron 64 UE. Se realizó el muestreo final a los 5 meses después de establecido el experimento.

Variables de respuesta y análisis estadísticos

Después de 5 meses del trasplante se evaluaron las variables siguientes: peso fresco de follaje (PFF), raíz (PFR) y total (PFT). Al inicio del experimento se cuantificó el peso fresco de toda la planta. Con este dato y el peso fresco final total se calcularon dos variables más: incremento en biomasa fresca (IB) y el porcentaje de incremento con respecto al peso fresco inicial (PII). Igualmente con los datos de PFF y PFR se calculó el índice de crecimiento en peso fresco del follaje en relación con la raíz (ICPFF/R). Los pesos frescos se obtuvieron a partir de una balanza granataria electrónica. Las variables PFF, PFR, PFT, IB, PII e ICPFF/R se analizaron mediante un análisis de varianza y pruebas de comparación múltiple de media Tukey a un nivel de significancia de $P \leq 0.05$.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 2 presentan el análisis de varianza de los 16 tratamientos. En este cuadro se puede observar que los tratamientos que tuvieron el inoculo CE (CE8-MJ) proveniente de Jiquilpan de Juárez presentaron en todas las variables de respuesta (peso fresco follaje, raíz, total, IB, PII y ICPFF/R) diferencias significativamente (Tukey, $P \leq 0.05$) mayores en comparación con los otros consorcios. Igualmente en dicho cuadro es claro que el consorcio CE se comportó estadísticamente de manera similar en los distintos sustratos evaluados. Estas observaciones se comprueban al realizar el análisis de varianza por factores (Cuadro 3), dado que el consorcio CE fue diferente estadísticamente a los otros dos consorcios de HMA y el factor sin inoculación de HMA. Por otro lado para el factor sustrato cuando se encontró presente la materia orgánica (MO) en combinación con otros componentes la respuesta fue significativamente diferente en comparación cuando no estuvo la MO. Estos resultados muestra la capacidad que tuvo uno de los consorcios de la DOT Michoacán en promover el crecimiento de plantas de agave y que podrían emplearse como un biofertilizante, al respecto algunos trabajos con otros cultivos han encontrado respuestas significativas a la inoculación con consorcios nativos, ejemplos de estos trabajos son en papaya donde Nava-Gutiérrez *et al.* (2012), Rodríguez-Romero *et al.* (2007) y Quiñones-Aguilar *et al.* (2012) reportan mayor incremento en biomasa en plantas micorrizadas en comparación con las que no fueron inoculadas con HMA. Respecto a trabajos con *A. tequilana* Pimienta-Barrios *et al.* (2009) reportan que las micorrizas (*Glomus fasciculatum* y *Glomus intraradices*) no tuvieron efecto significativo en las variables relacionadas con el crecimiento, la longitud y el ancho de las hojas. Lo cual contrasta con lo encontrado en este estudio donde uno de los consorcios nativos de HMA (CE8-MJ) mostró un efecto relativamente superior a otros consorcios y a plantas sin micorrización, lo cual sugiere la importancia de considerar inoculos nativos en comparación con cepas introducidas como se sugiere en el estudio de Pimienta-Barrios *et al.* (2009).

Cuadro 2. Respuesta del *Agave tequilana* al tratamiento de la combinación de sustratos y hongos micorrizicos arbusculares (HMA) bajo condiciones de invernadero después de cinco meses después del trasplante.

Tratamiento	Peso Fresco (g)				IB (g)	PII (%)	ICPFF/R
	Total		Follaje	Raíz			
	Inicial	Final					
sinM. Ar	11.7 a	37.5 ab	33.5 abc	4.0 ab	25.8 ab	224.0 b	8.4 ab
sinM.Ar.Agr	12.1 a	36.9 ab	32.9 abc	3.9 ab	24.7 ab	210.7 b	8.9 ab
sinM.Ar.MO	9.3 a	56.2 ab	50.4 ab	5.7 ab	46.9 ab	516.4 ab	9.0 ab
sinM.Ar.MO.Agr	8.7 a	47.6 ab	42.5 abc	5.1 ab	38.9 ab	447.2 ab	8.7 ab
CE.Ar	10.0 a	34.6 ab	30.1 abc	4.5 ab	24.6 ab	253.9 ab	6.8 ab
CE.Ar.Agr	11.0 a	36.5 ab	32.2 abc	4.3 ab	25.5 ab	267.7 ab	7.6 ab
CE.Ar.MO	8.8 a	56.0 ab	48.4 abc	7.6 ab	47.2 ab	545.5 ab	6.7 ab
CE.Ar.MO.Agr	7.2 a	50.3 ab	44.0 abc	6.3 ab	43.1 ab	594.5 a	8.4 ab
LE.Ar	10.3 a	39.3 ab	32.9 abc	6.4 ab	29.1 ab	330.3 ab	5.6 b
LE.Ar.Agr	8.7 a	26.9 b	23.8 c	3.2 b	18.3 b	230.9 b	7.6 ab
LE.Ar.MO	11.3 a	63.5 a	54.6 ab	9.0 a	52.2 a	471.9 ab	6.3 ab
LE.Ar.MO.Agr	8.7 a	45.5 ab	39.8 abc	5.7 ab	36.8 ab	437.7 ab	7.1 ab
LP. Ar	10.6 a	44.8 ab	38.4 abc	6.4 ab	34.2 ab	326.1 ab	6.1 ab
LP.Ar.Agr	8.4 a	26.8 b	24.0 bc	2.9 b	18.5 b	217.9 b	9.7 ab
LP.Ar.MO	11.6 a	66.5 a	59.0 a	7.5 ab	55.0 a	457.3 ab	8.2 ab
LP.Ar.MO.Agr	12.1 a	59.4 ab	54.2 abc	5.2 ab	47.3 ab	403.2 ab	11.0 a

Ar: Arena; Agr: Agrolita; MO: Materia orgánica; Inóculos micorrizicos provenientes de la DOT Michoacán: CE = CE8.MJ; LE = LPE.MVM; LP = LNP.MVC; SinM = Sin hongos micorrizicos arbusculares. IB = Incremento de biomasa fresca al final del experimento, PII = Porcentaje de incremento respecto al peso inicial, ICPFF/R = Índice de crecimiento en peso fresco de la parte aérea en relación al peso de la raíz. Letras distintas para cada variable de respuesta indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Cuadro 3. Efecto del tipo de sustrato y de hongos micorrizico arbuscular (HMA) en la acumulación de materia fresca de *Agave tequilana* bajo condiciones de invernadero durante cinco meses después del trasplante.

Factor	Peso Fresco (g)				IB (g)	PII (%)	ICPFF/R
	Total		Follaje	Raíz			
	Inicial	Final					
SUSTRATO							
Arena	10.6 a	39.1 bc	33.7 bc	5.3 b	28.4 b	283.8 b	6.6 b
Arena.Agr	10.0 a	31.8 c	28.2 c	3.6 b	21.7 b	231.8 b	8.5 ab
Arena.MO	10.2 a	60.6 a	53.1 a	7.5 a	50.3 a	497.8 a	7.5 ab
Ar.MO.Agr	9.2 a	50.7 ab	45.1 ab	5.6 ab	41.5 a	470.7 a	8.8 a
HMA							
S.HMA	10.4 a	44.5 a	39.8 a	4.7 a	34.1 a	349.6 a	8.8 a
CE8.MJ	9.2 a	44.6 a	38.7 a	5.7 a	35.1 a	415.4 a	7.7 ab
LPE.MVM	9.7 a	43.8 a	37.8 a	6.0 a	34.1 a	367.7 a	6.6 b
LNP.MVC	10.7 a	49.4 a	43.9 a	5.5 a	38.7 a	351.1 a	8.8 a
INTERACCION							
F calculado	1.77	0.59	0.62	0.77	0.39	0.55	0.73
P observado	0.10 ^{NS}	0.80 ^{NS}	0.78 ^{NS}	0.65 ^{NS}	0.93 ^{NS}	0.83 ^{NS}	0.68 ^{NS}

Ar: Arena; Agr: Agrolita; MO: Materia orgánica; Inóculos micorrizicos provenientes de la DOT Michoacán: CE8.MJ, LPE.MVM, LNP.MVC y SinM = Sin hongos micorrizicos arbusculares. IB = Incremento de biomasa fresca al final del experimento, PII = Porcentaje de incremento respecto al peso inicial, ICPFF/R = Índice de crecimiento en peso fresco de la parte aérea en relación al peso de la raíz. Letras distintas para cada variable de respuesta en cada factor de estudio indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). NS = No significativo.

Conclusiones

El consorcio de HMA CE proveniente de la DOT Michoacán mostró tener un efecto sobre el crecimiento de plantas de *Agave tequilana*. Igualmente la presencia de materia orgánica promueve el crecimiento vegetal de agave. No se presentó interacción entre el factor consorcio HMA y el factor sustrato.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó bajo el apoyo del proyecto MICH-2010-03-148208 del FOMIX-Gobierno del estado de Michoacán-CONACYT.

Bibliografía

- Azcon, R., M. Gomez and R. Tobar. 1992. Effects of nitrogen source on growth, nutrition, photosynthetic rate and nitrogen metabolism of mycorrhizal and phosphorus-fertilized plants of *Latuca sativa* L. *New Phytologist* 121: 227-234.
- Bethlenfalvay, G. L. 1992. Mycorrhizae and crop productivity. *In: Mycorrhizae in sustainable agriculture*. ASA Special publication No. 54, USA. p. 1.
- Brundrett, M., N. Bougher, B. Dell, T. Grove and Malajczuk N. 1996. Working mycorrhizas in forestry and agriculture. Australian Center for International Agricultural Research, Canberra, Australia.
- Carballar-Hernández, S. 2009. Variación temporal de la diversidad de hongos de micorriza arbuscular y el potencial micorrizico en especies silvestres de Agave en Oaxaca. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Politécnico nacional. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. 72 p.
- Deacon, J. W. 1980. Introduction to modern mycology. *Basic Microbiology*. Blackwell Scientific Pub. 17: 163-167.
- Ferrera-Cerrato, R. 1989. Rizosfera. *Ecología de la raíz*. Sociedad Mexicana de Fitopatología. Colegio de Postgraduados, México. p. 1-21
- Guerrero, F. E. 1996. Micorrizas: recurso biológico del suelo. Fondo FEN Colombia. Bogotá, Colombia. 208 p.
- Hayman, D. S. 1982. Influence of soil and fertility on activity and survival of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Phytopathology* 72: 1119-1125.
- Ochoa-Meza, A. E., M. Fernández-Valle, R. y R. Herrera-Peraza. 2009. Variación estacional de hongos micorrizicos arbusculares asociados con *Agave angustifolia* Haw. en la sierra sonorensis, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 32: 189-199.
- O'Dell, E. T., Castellano A. M. and Trappe M. J. 1992. Soil microbial ecology. *In: F. Blaine Metting Jr. (ed.)*. Applications in agricultural and environmental management. Marcel Dekker Inc., USA. p. 379-415.
- Pimienta-Barrios E., J. Zañudo-Hernández y E. López-Alcocer. 2009. Efecto de las micorrizas arbusculares, en el crecimiento, fotosíntesis y anatomía foliar de plantas jóvenes de *Agave tequilana*. *Acta Botánica Mexicana* 89: 63-78.
- Nava-Gutiérrez, Y., Ferrera-Cerrato R. and Santamaría J. M. 2012. *Glomus intraradices* attenuates the negative effect of low P_i supply on photosynthesis and growth of papaya Maradol plants. *Journal of Botany*, Article ID 129591, 8 pages. <http://www.hindawi.com/journals/jb/contents/2/>.
- Quiñones-Aguilar, E. E., Hernández-Acosta E., Rincón-Enríquez G. y Ferrera-Cerrato R. 2012. Interacción de hongos micorrizicos arbusculares y fertilización fosfatada en papaya. *Terra Latinoamericana* 30: 165-176.
- Rodríguez-Romero, A. S., Azcón R. and Jaizme-Vega M. C. 2011. Early mycorrhization of two tropical crops, papaya (*Carica papaya* L.) and pineapple [*Ananas comosus* (L.) Merr.], reduces the necessity of P fertilization during the nursery stage. *Fruits* 66: 3-10.
- Robles, C., M. de L. Robles-Martínez y F de B. Monroy-Díaz. 2007. Crecimiento y nutrición de maguey mezcalero (*Agave angustifolia* Haw.) bajo condiciones de micorrización arbuscular. Montaño N. M., Camargo-Ricalde S.L., García-Sánchez R., Monroy A. (eds.) *Micorrizas arbusculares en ecosistemas áridos y semiáridos (Arbuscular mycorrhizae in arid and semiarid ecosystems)*. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT, Mundi-Prensa SA de CV, UAM Iztapalapa, FES Zaragoza, UNAM. Distrito Federal, México. 460 p.
- Smith, D. C. and A. E. Douglas. 1987. *The biology of symbiosis*. Edward Arnold, Great Britain. 302 p.
- Varela, L. y A. Estrada-Torres. 1991. El papel de los microorganismos de la rizosfera y de la micorriza en la absorción de nutrimentos minerales y agua. *Memorias X Curso Taller de Otoño 19-29 Noviembre CYCY*. Mérida Yucatán, México.

EVALUACIÓN DE MÉTODOS PARA EL AISLAMIENTO DE CEPAS NATIVAS DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN SUELOS NOGALEROS DE LA COMARCA LAGUNERA

Santiago López, E.^{1*}; Crispín del Río, Z.²; Arnaldo Orozco, J. A.²; Zermeño González, H.²; Pérez-Rodríguez, E.³

¹ Alumna de maestría en suelos del Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón, Coahuila. México.

² Maestro del Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón, Coahuila. México.

³ Junta Local de Sanidad Vegetal de la Región Lagunera de Durango. Gómez Palacio, Durango. México.

*Autor responsable: elizabeth_s.l@hotmail.com; Calle. José María Martínez Núm. 83, Col. Fidel Velázquez, Torreón, Coahuila. México. CP 27059; Tel. +52(871)-132-9005

Resumen

En México se conoce poco sobre la presencia y abundancia de enemigos naturales así como organismos benéficos presentes en el suelo (Hernández *et al.*, 2011). Los hongos entomopatógenos tienen un gran potencial como agentes de control biológico de insectos plagas y vectores de enfermedades, ya que constituyen un grupo con más de 750 especies que al dispersarse en el ambiente provocan infecciones fúngicas en la población de insectos. Los insectos son susceptibles a algunas de las enfermedades causadas por estos hongos entre otras propiedades tienen la capacidad de regular la población de insectos plaga para mantenerlos en equilibrio mostrando mayor efectividad sobre insectos del orden Diptera, Ortoptera, Hymenoptera y Coleoptera.

Durante el estudio se realizaron muestreos de suelo en una superficie de 10 m² tomadas al azar, los cuales fueron sometidos a un protocolo previo para su cultivo en medios específicos para aislar y caracterizar hongos entomopatógenos nativos, los materiales obtenidos se sometieron a un proceso de observaciones macroscópicas y microscópicas. El objetivo de este trabajo fue evaluar cuatro medios de cultivo para aislar y caracterizar cepas de hongos entomopatógenos y la biota fúngica presentes en sitios de muestreo en suelos con plantaciones de nogal de la comarca lagunera.

Palabras clave: Suelo; hongos; medios de cultivo

Introducción

La Comarca Lagunera abarca parte de los estados de Durango y Coahuila. Se caracteriza por un clima seco desértico con una precipitación anual que oscila entre 80 a 250 mm por año, y una temperatura máxima promedio de 33.7 °C (Samaniego & Chew, 2007). La nuez pecanera es originaria del Norte de México y Sureste de Estados Unidos de América. Las primeras plantaciones de nogal en la Región Lagunera se establecieron en el año de 1948. Las variedades introducidas fueron: Western, Wichita, Burkett, San Saba Improved, Stuart, Barton y Mahan, predominando Western y Wichita (INIFAP & SAGARPA, 2002). Una de los factores limitantes de la productividad del nogal en la Comarca Lagunera lo constituyen las plagas: Gusano barrenador de la nuez (*Acrobassis nuxvorella*), Gusano barrenador del ruezno (*Cydia caryana*), pulgón amarillo (*Monelliopsis pacanis*), pulgón amarillo del margen negro (*Monellia caryella*), pulgón negro (*Melanocallis caryaefoliae*) así como el Gusano barrenador del tronco (*Eupiatypus segnís*), se ha incrementado en los huertos de nogal de la región, convirtiéndose en una plaga de importancia económica (Aguilar, 2007).

El Gusano barrenador de la nuez (*Acrobassis nuxvorella*) y el Gusano barrenador del ruezno (*Cydia caryana*) ambas plagas ocupan el segundo lugar en importancia económica lo cual habla de una problemática seria para controlarla, los medios convencionales no parecen ser totalmente efectivos en contra de la plaga pues en periodos de plena producción y cosecha de la nuez se encuentran adultos invadiendo el ruezno, razón por la cual se pretende buscar una opción factible de control biológico en esta última etapa de producción (Campos, 2005).

Los controles actuales se remiten al uso de insecticidas de origen químico, los cuales en su mayoría son de naturaleza organofosforada con tiempos de residencia cortos y aun así representa un riesgo considerable para la salud humana y otras especies en contacto. El bajo control de esta plaga por los métodos convencionales indican que posiblemente los insectos hayan desarrollado una tolerancia o bien una resistencia a los insecticidas usados, aun no existen estudios realizados en torno a esta cuestión, entre tanto la plaga sigue causando daño traducidos en pérdidas económicas (SAGARPA, 2011).

Debido a lo anterior se pretende buscar nuevas alternativas de control, con organismos que; además de ser eficaces, no dañen a otros organismos del ecosistema que se encuentren interactuando con los insectos. Promoviendo a la vez la cultura de prevención.

Una de las alternativas es el uso de entomopatógenos, pues además de no contaminar, constituyen un método de control eficaz, ya que se ha comprobado que ataca a más de 200 especies de insectos y tiene potencial para infectarlos o matarlos en alguna de las etapas de su ciclo biológico; no produce efecto inmediato como los productos químicos, pero una vez que el organismo benéfico está en su ambiente dado, puede sobrevivir, incrementarse e infectar a los insectos permanentemente (De Paula *et al.*, 2008).

El término entomopatógeno se aplica aquellos microorganismos capaces de atacar insectos (Devotto *et al.*, 2000), o son un medio de control en la reducción de poblaciones de insectos vectores de enfermedades a humanos y cultivos agrícolas (Scholte *et al.*, 2004). También se les define como parásitos obligados o facultativos de insectos, con una alta capacidad de esporulación y sobrevivencia; sus mayores ventajas están en la manipulación y adaptación a diferentes ambientes, especificidad y capacidad de penetración directa a través del tegumento (Allendes, 2007).

El desarrollo y aplicabilidad de estos organismos benéficos a insectos, se inició en 1879 con Hagen quien estudió el posible uso de hongos entomopatógenos de Clase: *Deuteromycetes* y Orden: *Monilliales*, que representa una solución viable para el control de insectos (Ondiaka *et al.*, 2008).

La acción del hongo sobre el insecto es facilitada principalmente por una gran variedad de metabolitos secundarios producidos a lo largo del proceso de infección. El proceso patogénico se inicia en la cutícula del insecto, con la germinación de los conidios y la producción de hifas invasoras, las cuales penetran los tejidos a través de los intersticios y partes blandas del insecto, dando inicio de esta forma a la actividad enzimática degradativa de la cutícula. Posteriormente las hifas se ramifican, colonizan y llegan hasta la cavidad hemocélica del insecto produciendo una masa micelial durante el crecimiento del hongo donde el insecto puede ser colonizado total o parcialmente dejándolo inhabilitado para causar daño al cultivo.

Uno de estos metabolitos secundarios son toxinas, las cuales están implicadas en el bloqueo del desarrollo fisiológico causando la muerte al insecto (Peteira, 2011). La especificidad de los hongos entomopatógenos varía considerablemente, algunos infectan un amplio rango de hospederos y otros están restringidos a una sola especie de insecto. *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, que infectan cerca de 100 especies diferentes de insectos en varios órdenes como: Coleóptera, Lepidóptera, Hemíptera, Homóptera, Himenóptera etc., de modo que estos hongos tienen un alto grado de efectividad (Alean, 2003). Por otra parte *Beauveria* y *Metarhizium* han mostrado buenos resultados en el control de plagas tropicales, por ejemplo los mosquitos vectores del dengue (Lucero *et al.*, 2004).

La importancia de obtener una cepa nativa radica en que ésta presente mayor adaptabilidad a las condiciones ambientales de la zona en comparación a cualquier cepa importada.

Por lo anterior el presente trabajo tiene como objetivo la evaluación de cuatro medios de cultivo en búsqueda de aislar y caracterizar cepas de hongos entomopatógenos así como la biota fúngica presentes en los diferentes sitios de estudio en suelos nogaleros de la Comarca Lagunera.

Materiales y Métodos

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Biotecnología del Instituto Tecnológico de Torreón, ubicado en la carretera Torreón – San Pedro Km 7.5 Ejido Ana C.P. 27170 Torreón, Coahuila a una altitud de 1120 msnm. en donde se realizaron colectas de suelo en dos fechas que fueron: 27 de septiembre del 2012 y 21 de febrero del 2013 en predios de cultivo de nogal de los Ejidos 20 de Noviembre, Santa Rita (Pequeña Propiedad de Gómez Palacio Durango) en este último predio apoyados por la Junta Local de Sanidad Vegetal de la Región Lagunera de Durango.

Toma de muestra

En una superficie de 10 m² tomadas al azar se marcaron 3 puntos de los cuales se colectó una muestra en los primeros 20 cm de suelo obteniendo aproximadamente una muestra homogénea de 1 kg por cada sitio (Hernández *et al.*, 2011)., la cual se transportó al laboratorio en bolsas de plástico de 2 kg de capacidad, debidamente selladas y etiquetadas con los siguientes datos: número de colecta, nombre del colector, fecha de colecta, planta hospedera., el material obtenido fue transportado en hieleras con la finalidad de evitar altas temperaturas.

Almacenamiento Y Procesamiento de la Muestras

Las muestras se conservaron en refrigeración a temperatura de 1 °C procesándola al siguiente día después de obtenerlas. Durante su proceso las muestras compuestas fueron mezcladas muy bien, se tamizaron con un tamiz de 2 mm y posteriormente se llevaron a cabo los procesos de siembra.

Diseño Experimental

Se utilizó el diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y diez repeticiones cada uno.

Medios de Cultivos a Evaluar

En la búsqueda de hongos entomopatógenos se utilizaron medios de cultivo sólidos y antibióticos para impedir el crecimiento de colonias de bacteria.

Esterilización De Material Y Medios De Cultivo

La esterilización se realizó a presión de vapor con el uso de una autoclave vertical con Marca AESA MOD.CV250 3 CALORES 127 VOLTS C.A, TEMP APROX. a 15 PSI, 119 °C 15.7 AMPS. 60 CIC, 2000 WATTS.

Condiciones De Siembra Del suelo

La siembra se llevó a cabo bajo estricta asepsia en la campana de flujo laminar MARCA VECO, CIVAC A.P 39, que provee de un ambiente estéril durante la inoculación en los medios evaluados, además de contar con mecheros durante el proceso.

Método De Siembra Del Suelo

Se utilizó la técnica de siembra propuesto por Warcup en 1950; Samaniego & Chew, 2007, que consistió en dispersar pequeñas cantidades (0.2 – 5 mg) de suelo sobre la superficie del medio de cultivo contenido en una caja Petri (Mueller *et al.*, 2004).

Condiciones De Incubación

Las cajas se incubaron de 10 a 12 días a 27 °C de acuerdo a las temperaturas utilizadas por (Berlanga *et al.*, 2002) y a 25 °C los hongos aislados.

Observaciones Microscópicas

Para el montaje de la muestra observadas se utilizó una aguja de disección para tomar una parte de la superficie de la colonia en etapa vegetativa y esta fue depositada sobre la gota de lactofenol que contenía el portaobjeto y con la ayuda de otra aguja se extendió el preparado y posteriormente se cubrió con un cubreobjetos para luego ser observada bajo el microscopio compuesto de la Marca IROSCOPE MODELO MG-30 PL N. 121123 con los aumentos de 10X, 40X, 100X.

Uso de claves taxonómicas

Para la identificación de los hongos fue necesario la utilización de claves taxonómicas y revisiones bibliográficas, para ello se consideró características macroscópicas y microscópicas de las diferentes etapas miceliales y esporulaciones.

VARIABLES: color, estructura, forma típica de crecimiento y desarrollo micelial.

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro uno.

Cuadro 1. Resultados del análisis físicoquímico de la muestra de suelo, obtenidas en los predios de cultivo de nogal.

EJIDOS	20 DE NOVIEMBRE	SANTA RITA
Análisis físico		
Arena %	21	21
Limo %	48	32
Arcilla %	31	47
Textura	Franco arcilloso	Arcilla
Salinidad		
pH	8.68	8.25
CE (dS/m)	0.76	5.10

El manejo de las muestras se realizó a una temperatura que no afectara el metabolismo de desarrollo del hongo de interés. Se utilizó una temperatura de 27 °C para su inoculación. En estudios anteriores Doberski (1981), realizó ensayos para determinar el efecto de la humedad y temperatura de hongos entomopatógenos, encontrando que *Paecilomyces farinosus* y *Beauveria bassiana* infestaron a temperatura de 2 °C contrario a *Metarhizium anisopliae* que no tiene efectividad por debajo de los 10 °C, concluyendo que los hongos actúan de manera significativa a temperaturas de 15 a 20 °C pero la óptima es de 25 °C, hallando similitud con los resultados de Hallsworth y Magan (1999), afirman que los rangos de temperatura para el crecimiento óptimo de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces farinosus* son de 25, 30 y 20 °C, respectivamente. De acuerdo a los datos estadísticos obtenidos del análisis de varianza y la prueba de Tukey podemos decir que el Ejido Santa Rita presentó significancia en las dos fechas de muestreo comparado al Ejido 20 de Noviembre esto expresado en los medios de cultivo, como se muestra en el cuadro dos.

Cuadro 2. Prueba del análisis de varianza utilizando Tukey al 0.05 de significancia.

TRATAMIENTOS	HONGOS EXPRESADOS EN MED.DE CULTIVO 27/09/12 EJIDO RITA	HONGOS EXPRESADOS EN MED.DE CULTIVO 21/02/12 EJIDO RITA	HONGOS EXPRESADOS EN MED.DE CULTIVO 27/09/13 EJIDO 20 NOVIEMBRE	HONGOS EXPRESADOS EN MED.DE CULTIVO 21/02/13 EJIDO 20 NOVIEMBRE
PDA	5.2000 ^{AB}	4.5000 ^{AB}	4.4000 ^A	4.4000 ^A
Sabouran Dextrosa Agar, Extracto de Levadura y Clorafenicol.	5.8000 ^A	5.0000 ^A	4.9000 ^A	4.7000 ^A
Sabouran Dextrosa Agar, Extracto de Levadura y Dodine.	4.7000 ^B	4.0000 ^B	4.2000 ^A	4.7000 ^A

Sabouran Dextrosa	5.4000 ^{AB}	5.1000 ^A	4.6000 ^A	4.8000 ^A
Agar, Extracto de Levadura y Neupectona.				

Los hongos expresados con mayor frecuencia en los cuatro medios de cultivo se describen a continuación:

Aspergillus humicola: Características macroscópicas: Las colonias inician de color blanco pasando por tonalidades de color gris a gris verdoso, al reverso del material se observa un color blanco amarillento, colonias aterciopeladas y consistencia vellosa asía el centro, sin presenta de exudados. Características microscópicas: Conidióforos cortos, paredes lisas de color verde claro, conidios globosos y elípticos en forma de cadena.

Aspergillus terricola: Características macroscópicas: Cresen rápidamente, tiene una consistencia algodonosa de color blanco y conforme pasa el tiempo presenta un color amarillo dorado de textura polvorienta, no presenta exudados, al reverso se observó un color amarillo pálido. Características microscópicas: Conidióforos de paredes lisas, hialinos, conidios globosos de color amarillo a café esporas ramificadas.

Aspergillus candidus: Características macroscópicas: Presentan micelio algodonoso de color blanco, crema amarillento y con el transcurso del tiempo va presentando colonias redondas regulares, formando círculos radiales de textura algodonosa. Características microscópicas: Conidióforos hialinos de paredes lisas, conidios globosos y hialinos.

Aspergillus aureolatus: Características macroscópicas: En estado joven presenta una coloración blanco grisáceo de tipo algodonoso y con el transcurso del tiempo se forma una textura polvorienta de color amarillento claro hasta llegar a verde-grisáceo. Características microscópicas: Conidióforos hialinos, de paredes lisas, con conidios globosos de color gris verdoso.

Fusarium sp. Presenta colonias de color blanco lo cual produce un pigmento color rosado, el micelio está formado por hifas ceptadas y los conidióforos presentan racimos de macro conidios.

Penicillium sp. Características macroscópicas: Las colonias crecieron lentamente con bordes anchos de color blanco, textura algodonosa sobre la superficie de la colonia con una coloración azulada cambiando de color más oscuro (verde oscuro a verde oliva) formando una textura polvorienta. Características microscópicas: Conidióforos de paredes lisas y gruesas en forma cilíndrica con un ápice inflado, conidios globosos formando cadenas cortar.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos no se expresó ningún hongo entomopatígeno en ninguno de los medios de cultivo evaluados con muestras de suelo.

Los géneros de mayor incidencia obtenidos a partir de suelos nogaleros de los cuatro medios de cultivos evaluados fueron *Aspergillus sp.*

Los géneros como *Fusarium sp.* y *Penicillium sp.* fueron aislados en menor proporción.

Indicando que todos estos hongos son habitantes del suelo.

De acuerdo a los análisis físico-químicos del suelo y, a la evidencia de crecimiento fúngico se recomienda continuar con la búsqueda de entomopatógenos.

Bibliografía

- Aguilar, P. J. H. 2007. Principales Plagas de nogal en el Norte de Coahuila. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Sitio Experimental Zaragoza. Folleto Técnico Núm. 14. Zaragoza, Coahuila, México. 28 p.
- Alean, I. C. 2003. Evaluación de la patogenicidad de diferentes hongos entomopatógenos para el control de la mosca blanca de la yuca *Aleurotrachelus socialis* Bondar (Homóptera: Aleyrodidae) bajo condiciones de invernadero. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias Básicas. Microbiología Agrícola y Veterinaria. Bogotá, D. C. Colombia.
- Allendes, G. L. 2007. Evaluación de ocho cepas nativas de *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* (Metsch.) sorokin., para el

- Berlanga, P. A. M., Hernández, V. V. M. 2002. Efectos de temperatura sobre el crecimiento y la virulencia de *Metarhizium anisopliae*, *M. a. var. acridum* y *Beauveria bassiana* en *Schistocerca piceifrons piceifrons*. Manejo Integrado de Plagas .Costa Rica. 5 p.
- Campos, S. J., Vázquez, P. L., Olivares, S. E., Treviño, P. L. M., Santos, M. O., Lemus, H. C., Aguilar, S. H. y Leyva, R. J. 2005. Diagnóstico del cultivo de Nogal. 87p.
- Devotto L.2000.Hongos entomopatógenos. Una alternativa para la obtención de biopesticidas.Pp.30-33.
- De Paula AR, Brito ES, Pereira CR, Carrera MP, Samuels RI.2008.Susceptibility of adult *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) to infection by *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*: prospects for dengue vector control. Biocontrol Science& Technololy. 18: 1017-1025.
- DOBERSKI, J. W. 1981. Comparative laboratory studies on three fungal pathogens of the elm bark beetle *Scolytus scolytus*: effect of temperature and humidity on infection by *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces farinosus*. Journal of Invertebrate Pathology, v. 37, n. 2, p. 195-200.
- González, C. M., Aguilar, C. N., Rodríguez H. R. 2012. CONTROL DE INSECTOS-PLAGA EN LA AGRICULTURA UTILIZANDO HONGOS ENTOMOPATÓGENOS: RETOS Y PERSPECTIVAS. Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila. Volumen 4, No 8.
- Hernández, V.V. M., Cervantes, E. Z., Villalobos, F. J., García, L. L., Peña, C. G. 2011. AISLAMIENTO DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN SUELO Y SOBREGALLINAS CIEGAS (COLEÓPTERA:MELOLONTHIDAE) EN AGROECOSISTEMAS DE MAÍZ. Acta Zoológica Mexicana (n. s.), 27(3):591-599.
- Instituto Nacional de Investigación, Forestal, Agrícola y Pecuaria y SAGARPA. Tecnología de Producción en Nogal Pecanero. 2002. Libro técnico N. 3.
- Lucero, M. A. M., Peña, V. L. A., Bacca, I. T. 2004. Evaluación de la actividad biocontroladora de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre larvas de *Ancognatha scarabaeoides* (Coleóptera: Scarabaeidae).Revista Corpoica. 5(1)
- Mueller, G., Bills, G., Foster, M. 2004. Biodiversity of Fungi: inventory and monitoring methods. Elsevier Academic Press. Londre. 77p.
- Ondiaka, I. S, N. K., Maniania, G. H. N. Nyamasyo, and J. H. 2008. Virulence of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to sweet potato weevil *Cylas puncticollis* and effects on fecundity and egg viability. Annals of Applied Biology 153: Pág. 41-48.
- Peteira, B., Gonzalez, I., Arias, Y., Fernandez, T. A., Miranda, I., Martinez, B. 2011. CARACTERIZACION BIOQUIMICA DE SEIS AISLAMIENTOS DE *Beauveria bassiana* (BALSAMO) VUILLEMIN. Rev. Protección Veg. Vol. N. 1:16-22.
- SAGARPA. 2011. Demanda: Control Integrado de plagas y enfermedades y uso eficiente de agua de riego en el cultivo del nogal pecanero. Fondo Sectorial de investigación en materia agrícola, pecuaria, acuacultura, agrobiotecnología y recursos fitogenéticos. 3 p.
- Samaniego, G. J. A y Chew, M. Y. 2007. Diversidad de género de hongos del suelo en tres campos con diferente condición agrícola en La Laguna, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 78:383-390.
- Scholte, E. J., Knols, B. G. J., Samson, R. A., Takken, W. 2004. Entomopathogenic fungi for mosquito control: A review. Journal of insect Science, 4:19, 24p.

CARACTERIZACIÓN DE *Pseudomonas* spp. ASOCIADAS A LA RIZÓSFERA DE DIFERENTES VARIEDADES DE MAÍZ

Sil Palacios, G.¹; Medina de la Rosa G.¹; Carcaño Montiel, M.¹ y López Reyes, L.¹

¹Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Puebla, México.

*Autor responsable: lucia.lopez@correo.buap.mx; Edificio 103-J. Ciudad Universitaria. Puebla, Puebla, México. CP 72570, Tel. +52(222)-229-5500 Ext. 2553.

Resumen

El maíz es un cultivo de gran importancia a nivel mundial, en México es el sitio con la mayor variabilidad en el cultivo encontrando desde materiales silvestres, criollos e híbridos. En la naturaleza, el cultivo se encuentra interactuando con diversas especies bacterianas neutrales, dañinas y benéficas para su entorno. Se estudió la presencia de los géneros bacterianos asociados a la rizósfera y su relación con la variedad de procedencia en plantas de maíz. Para ello se sembró en condiciones de invernadero, cinco variedades de maíz: rojo, amarillo, azul, teocintle y QPM a partir de las cuales, se determinó la población de las bacterias asociadas en la rizósfera y se contrastó con las asociadas a un suelo agrícola de San Juan Atenco, Puebla previamente homogeneizado y caracterizado. Se encontró en todos los casos predominio del género *Pseudomonas* con diferencias en las especies y actividades bioquímicas dependiendo del tipo de maíz estudiado. Pudo notarse un comportamiento bioquímico característico en la población de *Pseudomonas* para cada variedad de maíz. Lo anterior, puede ser una particularidad de importancia para considerar en el establecimiento de cada variedad de maíz en el campo para un desarrollo sostenible del cultivo.

Palabras clave: Bacterias; rizósfera; variabilidad poblacional

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es parte de la cultura mexicana, los indígenas le han considerado como lo que sustenta la vida”, a lo cual debe su nombre (Rodríguez, 2008). En el caso particular de México, su diversidad queda representada por 60 razas de maíz que representan alrededor del 23% de la diversidad genética presente en el continente Americano (Conabio, 2006; Goodmany Brown, 1988). Según datos de ASERCA en 2013, en México se consumen anualmente 29.7 millones de toneladas de maíz, lo que refleja la importancia que tiene en la alimentación de los mexicanos (Aserca, 2013)

En la naturaleza existen interacciones intra-género e inter-género que se encuentran en un continuo cambio. Los efectos dinámicos de las poblaciones de microorganismos, así como sus efectos sobre el ambiente, están determinados por las características físicas y químicas del suelo (Torsvik y Øvreas, 2002). Algunas de las actividades importantes de los microorganismos son: la formación del suelo, la mineralización de la materia orgánica, el ciclo de los nutrientes y la biorremediación (Sharma, 2005; Ehrlich, 1996). La microbiota, que responde a la presencia de las raíces vivas en la rizósfera, es notoriamente diferente de la comunidad característica del suelo, creando un hábitat subterráneo único para los microorganismos. El sistema radical de las plantas

superiores está asociado no solo a un ambiente compuesto de sustancias orgánicas e inorgánicas, sino también de una vasta comunidad de organismos metabólicamente activos (Atlas, 2002; Velázquez, 1999). “Las bacterias que reaccionan a la presencia de las raíces pertenecen a varios grupos taxonómicos, fisiológicos y morfológicos claramente diferentes. Los que responden marcadamente son los bacilos cortos gramnegativos que, casi invariablemente, ocupan el mayor porcentaje de la rizósfera mientras que el porcentaje de incidencia de los bacilos cortos grampositivos, los cocobacilos y las bacterias que forman esporas disminuye. Diversos estudios demuestran una proporción relativamente mayor de bacterias móviles de crecimiento rápido como el género *Pseudomonas* (Berg, 2009) ya que este aumento se debe en muchas ocasiones a que los exudados de las raíces favorecen a los microorganismos con una elevada tasa de crecimiento y que a su vez las poblaciones bacterianas pueden producir compuestos químicos que estimulan el crecimiento de las plantas (Cano, 2011). El género *Pseudomonas* sp. y algunos otros géneros estrechamente relacionados como *Burkholderia* sp., comparten las características de ser bacilos Gramnegativos rectos o ligeramente curvos que son aerobios estrictos; la mayoría de las cepas son móviles por medio de uno o más flagelos polares; utilizan glucosa y otros hidratos de carbono en forma oxidativa; son citocromo oxidasa positivas (Lippnicot *et al.*, 2006).

Materiales y Métodos

Se seleccionó plantas de maíz de 20 días de crecimiento en suelo procedente de San Juan Atenco, Puebla, México a partir del cual se colectó 10 g de suelo de la rizósfera y se realizó diluciones seriadas desde 10^{-1} hasta 10^{-6} . De cada dilución se sembró 1 mL mediante la técnica de vertido en placa en agar de soya y tripticaseína (TSA). Se incubó durante 24 h a 36°C y se contó el número de UFC (unidades formadoras de colonias). Las cepas bacterianas purificadas se caracterizaron mediante pruebas bioquímicas, el tipo de metabolismo por el crecimiento en OF, la prueba de catalasa y oxidasa y el crecimiento en agar MacConkey. Se procedió a utilizar los sistemas de caracterización bacteriana por medio del sistema api de Biomerieux API 20NE que combina 8 pruebas convencionales (NO₃, TRP, GLU, ADH, URE, ESC, GEL, PNPG) y 12 de asimilación (GLU, ARA, MNE, MAN, NAG, GNT, CAP, ADI, MLT, CIT, PAC, OX). Además, se caracterizó a las cepas con el sistema api 50 CHL, que permite el estudio de la fermentación de 49 azúcares (CTRL, GLY, ERY, DARA, LARA, RIB, DXYL, LXYL, ADO, MDX, GAL, GLU, FRU, MNE, SBE, RHA, DUL, INO, MAN, SOR, MDM, MDG, NAG, AMY, ARB, ESC, SAL, CEL, MAL, LAC, MEL, SAC, TRE, INU, MLZ, RAF, AMD, GLYG, XLT, GEN, TUR, LYX, TAG, DFUC, LFUC, DARL, GNT, 2KG, 5KG). Siguiendo la metodología del fabricante, se inoculó cada tubo de la galería. La producción de ácido determinó el vire del indicador al disminuir el pH. Una vez identificadas las bacterias del género *Pseudomonas* spp. mediante apiweb de Biomerieux se evaluó su capacidad solubilizadora de fosfatos utilizando la técnica de formación de halos de solubilización. Para ello, se inocularon tubos de caldo nutritivo con las bacterias y se dejaron crecer en agitación a 30°C por un periodo de 24 horas. La población de bacterias se ajustó con el tubo cinco en la escala del Nefelómetro de McFarland 150×10^6 bacterias $\times \text{mL}^{-1}$ (Somasegaran y Hoben, 1994). Se inoculó 100 μL del cultivo bacteriano con un replicador de Steers y se sembró en placas con medio Goldstein adicionado con CaHPO_4 ; las bacterias se dejaron crecer a 30°C durante 4 días, después de lo cual se observó la formación de halos transparentes alrededor de las colonias. Todas las bacterias caracterizadas como *Pseudomonas*, se agruparon tomando como base su comportamiento bioquímico, utilización de carbohidratos y solubilización de fosfatos para la interpretación de su comportamiento fisiológico y bioquímico. Además de la caracterización genética mediante PCR del gen DNA 16S y enzimas multilocus.

Resultados y Discusión.

El conteo de bacterias sobre medio TSA registró una población de 3.9×10^6 UFC g^{-1} de suelo, 32.7×10^6 UFC para maíz QPM, 75.0×10^6 UFC para teocintle, y 78.7×10^6 UFC para maíz criollo amarillo, 140.0×10^6 UFC para criollo azul y 90.0×10^6 UFC para maíz criollo rojo (López-Reyes *et al.*, 2012).

El porcentaje de bacterias del género *Pseudomonas* con respecto a la población total fue de 30.4%, resultado que evidencia el hecho de que los exudados radicales de las plantas favorecen a bacterias de rápido crecimiento como *Pseudomonas*. Se encontró una similitud en el porcentaje de bacterias del género *Pseudomonas* que se aislaron de los maíces rojo, azul, teocintle y QPM, los cuales se encuentran entre 34.1% y 37.5% a los resultados obtenidos. En el caso del maíz criollo amarillo su porcentaje de *Pseudomonas* (19.3%) es menor inclusive al encontrado en el suelo control (25%) como se observa en la Figura 1. Los resultados se asemejan con lo encontrado en un estudio de la población bacteriana en la rizósfera de maíz híbridos 31Y09 y DK696 y que resalta al género *Pseudomonas* por ser el de mayor recurrencia (Pettenello *et al.*, 2002).

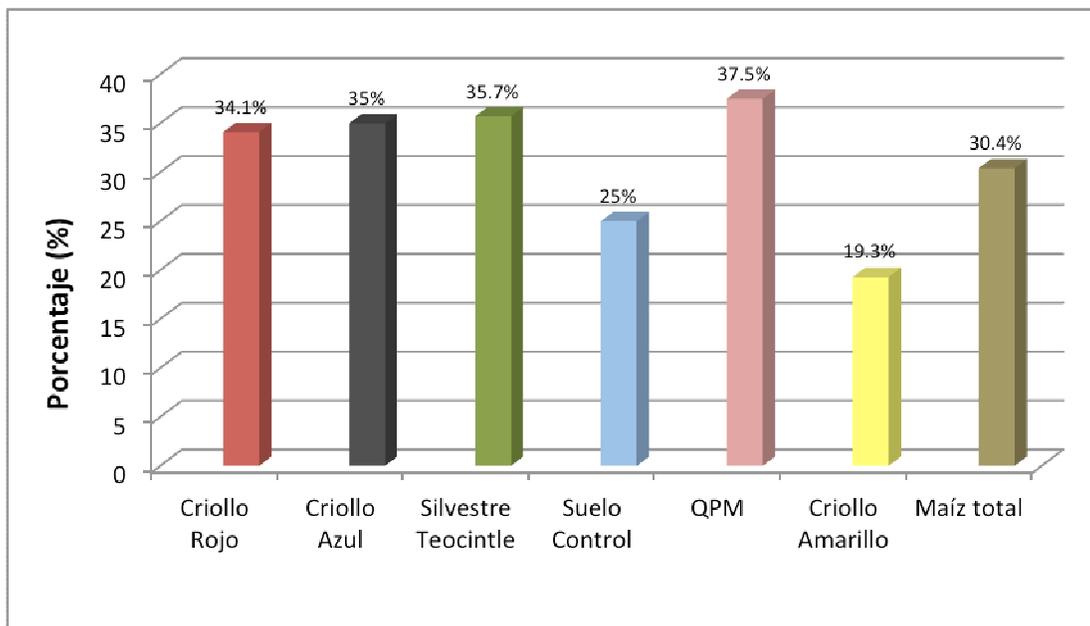


Figura 6. Porcentaje de bacterias del género *Pseudomonas* aisladas de la rizósfera de maíz.

Las especies de bacterias que se identificaron por API 20E en asociación con maíz fueron *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas alcaligenes*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas luteola*, *Pseudomonas oryzihabitans*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas stutzeri* y *Pseudomonas* sp. (Cuadro 1). Sólo *Pseudomonas aeruginosa* y *Pseudomonas fluorescens* se encontraron de manera significativa en los suelos de la rizósfera en comparación con las demás especies. La presencia de especies de *Pseudomonas* asociadas a maíz puede ser una ventaja ecológica en el incremento de la productividad, bioremediación del medio y control de patógenos ya que son algunas de las características del género (Hayat *et al.*, 2010) En un estudio previo, se obtuvo una solubilización característica para cada variedades de maíz con respecto a la población total bacteriana: maíz amarillo 51.72%, maíz azul 40%, maíz rojo 28%, Teocintle 43.18%, QPM 44.89% y suelo 6.6% (Medina *et al.*, 2009).

En el Cuadro 2, se observa la proporción por especie en las diferentes variedades de maíz, el porcentaje de las especies de *Pseudomonas* con capacidad de solubilizar fosfatos. Se aprecia que *P. luteola* y *P. alcaligenes* no presentan dicha propiedad, mientras que *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas oryzihabitans*, *P. stutzeri*, *P. fluorescens* y *P. putida* lograron solubilizar los fosfatos en un 67.9%, 100%, 75%, 83.3% y 50% respectivamente siendo especies pertenecientes al género *Pseudomonas* previamente reportado como organismo solubilizador de fosfatos minerales (Hayat *et al.*, 2010)

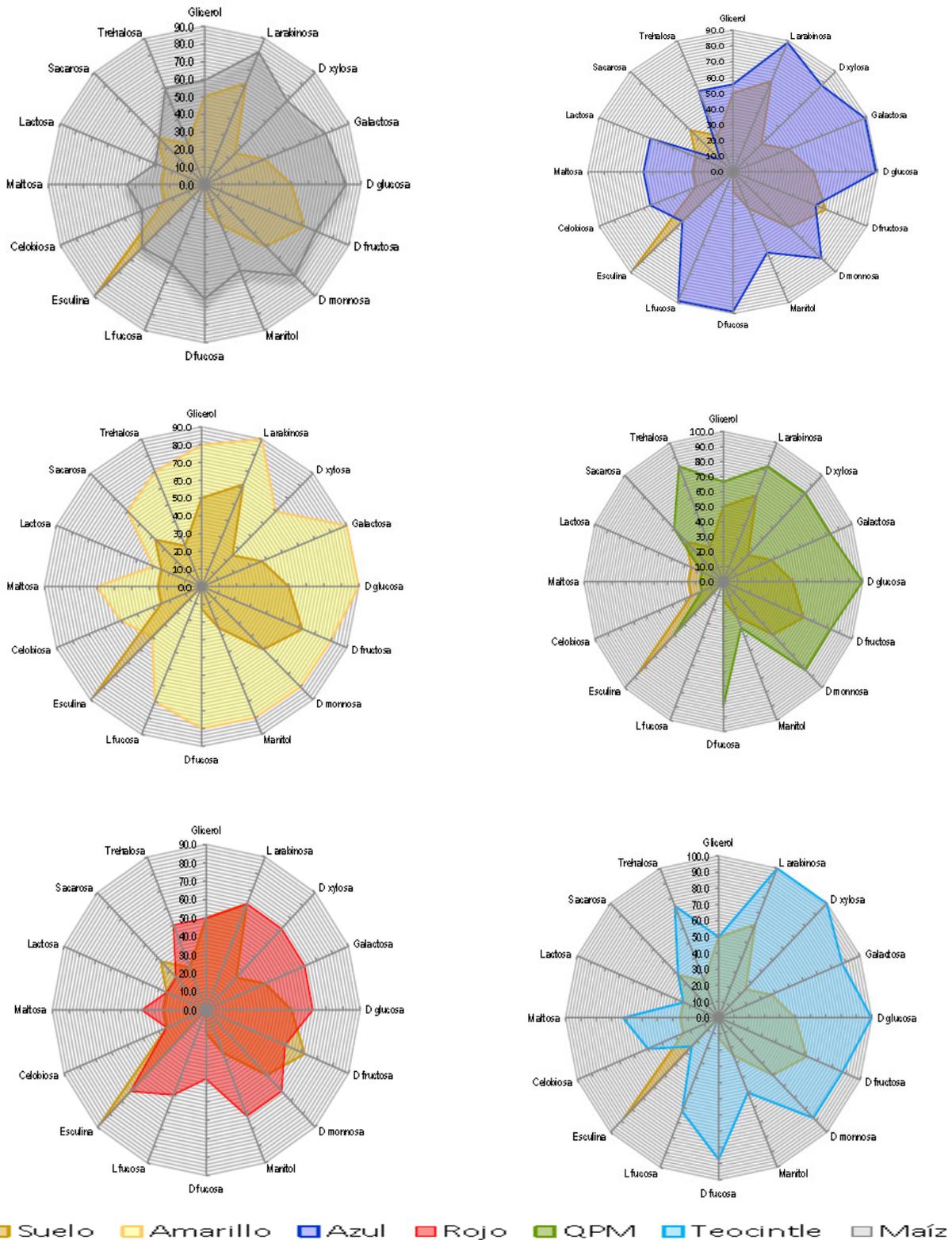


Figura 2. Utilización porcentual de diferentes fuentes de carbono por la población de *Pseudomonas* asociadas a suelo contrastando con maíz: amarillo, azul, rojo, QPM, teocintle y total de variedades de maíz.

Cuadro 2. Porcentaje de especies de *Pseudomonas* y solubilización de fosfatos en diferentes variedades de maíz

Especies Bacterianas	Suelo		Maíz amarillo		Maíz rojo		Maíz azul		Maíz Silvestre Teocintle		Maíz QPM		Total de variedades de maíz	
	No (%)	SF (%) ^a	No (%)	SF (%)	No (%)	SF (%)	No (%)	SF (%)	No (%)	SF (%)	No (%)	SF (%)	No (%)	SF (%)
<i>P. aeruginosa</i>	1 (8.3)	0 (0)	1 (9.1)	1 (100.0)	9 (64.3)	3 (33.3)	11 (52.4)	9 (81.8)	3 (17.6)	1 (100.0)	3 (16.7)	3 (100.0)	28 (30.1)	17 (60.7)
<i>P. alcaligenes</i>	-	-	1 (9.1)	0 (0)	-	-	2 (9.5)	0 (0)	-	-	-	-	3 (3.2)	0 (0.0)
<i>P. fluorescens</i>	-	-	2 (18.2)	2 (100.0)	1 (7.1)	1 (100.0)	1 (4.8)	0 (0)	6 (35.3)	4 (66.7)	14 (77.8)	13 (92.9)	24 (25.8)	20 (83.3)
<i>P. luteola</i>	10 (83.3)	0 (0)	3 (27.3)	0 (0)	3 (21.4)	0 (0)	-	-	2 (11.8)	0 (0)	-	-	18 (19.4)	0 (0.0)
<i>P. oryzae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	2 (11.8)	2 (100.0)	-	-	2 (2.1)	2 (100)
<i>P. putida</i>	-	-	-	-	-	-	1 (4.8)	0 (0)	1 (5.9)	1 (100.0)	-	-	2 (2.1)	1 (50)
<i>P. stutzeri</i>	-	-	-	-	1 (7.1)	1 (100.0)	3 (14.3)	1 (100.0)	-	-	-	-	4 (4.3)	1 (25)
<i>P. sp.</i>	1 (8.3)	0 (0)	4 (36.4)	3 (75.0)	-	-	3 (14.3)	1 (33.3)	3 (17.6)	3 (100.0)	1 (5.6)	1 (100.0)	12 (12.9)	8 (66.6)
Especies Total	12 (100)	0 (0)	11 (100)	7 (63.6)	14 (100)	5 (35.7)	21 (100)	11 (52.4)	17 (100)	10 (58.8)	18 (100)	17 (94.4)	93 (100)	50 (53.8)

No, Número de bacterias. Los valores entre paréntesis se refieren al valor porcentual. SF Solubilización de fosfatos. ^a El valor representa el porcentaje de las bacterias solubilizadoras considerando al número de bacterias por especie como el 100%

La Figura 2, muestra los gráficos de utilización de carbohidratos para las bacterias del género *Pseudomonas* spp. procedentes de maíz amarillo, maíz azul, maíz rojo, maíz QPM, maíz silvestre teocintle y la población asociada a todas las variedades de maíz. Es sobresaliente notar que hay una preferencia por monosacáridos en comparación de los disacáridos por parte de *Pseudomonas* aisladas de diferentes variedades de maíz. Además de que las poblaciones que se asocian a maíz tienden a tener una mayor actividad metabólica comparada con las bacterias asociadas a suelo. Lo anterior puede estar en relación con los compuestos liberados en la rizósfera de las diferentes variedades de maíz ya que se ha demostrado que se pueden encontrar los carbohidratos: Fuc, Gln, Rha, Gal, Glu, Xyl, Man, Gla y Gua junto con aminoácidos y ácidos carboxílicos (Basic, 1986; Carvalhaiz *et al.*, 2001). La diversidad funcional de bacterias está en relación con las fuentes de carbono y como un factor que controla el crecimiento bacteriano en el suelo (Carvalho *et al.*, 2011).

La importancia de la presencia del género *Pseudomonas* spp. en el suelo ha quedado evidenciada en muchos trabajos siendo *P. aeruginosa* y *P. fluorescens* las especies más estudiada por su capacidad de producir sideróforos, y ser antagonistas del crecimiento fúngico patógeno (Torres *et al.*, 2000), además de participar en la absorción de fósforo y rendimiento de los cultivos como lo demostrado en *P. fluorescens* (Faggioli, *et al.*, 2010). Sin embargo, otras especies poseen igual importancia para el ecosistema, como la tolerancia y degradación de glifosato por *P. oryzae* (Martínez *et al.*, 2012) y el antagonismo fúngico de *P. putida* (Torres *et al.*, 2000).

Conclusiones

Existe presencia de bacterias del género *Pseudomonas* asociadas a suelo y maíz de diferente variedad mostrando un comportamiento bioquímico característico para cada tipo de maíz. Los resultados pueden tener aplicabilidad en la promoción del crecimiento vegetal específico para maíz.

Agradecimientos

El presente trabajo fue parcialmente financiado por la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado (VIEP) en el proyecto: Caracterización de de *Pseudomonas* fluorescentes asociadas a diferentes variedades de maíz. Dentro del Programa de apoyo a la investigación BUAP. Por lo que se agradece el apoyo otorgado.

Bibliografía

- Aserca., 2013. Granos y oleaginosas. Avance de siembras y cosechas. Cosechas maíz-primavera-verano. 235:15-21p
- Atlas R.M. 2002. Ecología microbiana y microbiología ambiental, ed Addison Wesley 97-99 pp.
- Bacic A., S. F. Moody and A. Clarke. 1986. Structural Analysis of Secreted root Slime from Maize (*Zea mays* L.). *PlantPhysiol.* 80: 771-777.
- Berg G. 2009. Plant-microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture. *Appl Microbiol Biotechnol.* 84:11-18
- Cano M. A. 2011. Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. Una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica.* 4:15-31
- Carvalho L. C.; P. G. Dennis, D. Fedoseyenko, M. Hajirezaei, R. Borriss and N. von Wirén. 2011. Root exudation of sugars, aminoacids, and organic acids by maize as affected by nitrogen phosphorus, potassium, and iron deficiency. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 174:3-11.
- Carvalho E. B., V. M. A. Carvalho, I. E. Marriel, G. V. E. Pitta and J. Guedes. 2011. Rhizosphere properties of maize genotypes with contrasting phosphorus efficiency. *R. Bras. Ci. Solo.* 35:171-181.
- Conabio. 2006. Documento base sobre Centros de Origen y Diversidad en el caso de maíz en México. Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso De la Biodiversidad. 33p.
- Ehrlich. 1996. How microbes influence mineral growth and dissolution. *Cem. Geol* 132: 5-9.
- Faggioli S, Cazorla, Cristian R. Vigna, A., Berti, M. F., 2010. Fertilizantes biológicos en maíz, ensayo de inoculación con cepas de *Azospirillum brasilense* y *Pseudomonas fluorescens*, Estación experimental agropecuaria Marcos Suárez Argentina. 4p.
- Goodman M.M., Brown W.L. 1988. Races of corn. In: Sprague G. F., Dudley J.W., editors. Corn and corn improvement, third edition, monograph 18. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc. and Soil Science Society of America, Inc. 33-79pp
- Hayat R., S. Ali, U. Amara, R. Khalid, I. Ahmed. 2010. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. *Ann Microbiol.* 60:579-598.
- Lippincot Williams y Wilkins 2006. *Koneman Diagnóstico microbiológico: Texto y atlas a color.* 6a edición Editorial panamericana pp 302-306
- Martínez P., Bernal J., Agudelo E. y S. Bernier. 2012. Tolerancia y degradación del glifosato por bacterias aisladas de suelos con aplicaciones frecuentes de roundup, *Revista Pilquen Sección Agronomía, Año XIV. N° 12*
- Medina G., R. S. Ferrer, M. G. Carcaño-Montiel, L. López-Reyes. 2009. Diversidad de bacterias solubilizadoras de fosfatos asociadas a maíz. Memoria de Resúmenes. XXXIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. 118 p.
- Petenello M. Romagnoli C., González M. 2002. Poblaciones de microorganismos rizosféricos de maíz (*Zea mays*). *Revista FAVE – Ciencias Agrarias.* 1: 57-64.
- Rodríguez R. M. y C. De León. 2008. El Cultivo del maíz: Temas Selectos. Colegio de Postgraduados/Mundi-Prensa. México. 127pp.
- Sharma P. 2005. *Environmental microbiology.* Alpha Science International Ltd. India. p2
- Somasegaran, P. y Hoben, H.J. 1994, *Handbook for Rhizobia: Methods in legume-Rhizobium technology.* 450pp.
- Torres M.G., S. A. Valencia, J. Bernal y P. Martinez. 2000. Isolation of enterobacteria, *Azotobacter* sp. And *Pseudomonas* sp., Producers of Indole-3-acetic acid and siderophores, from Colombian rice rhizosphere. *Revista Latinoamericana de Microbiología.* 42:171-176
- Torsvik V. and L. Øvreås. 2002. Microbial diversity and function in soil: from genes to ecosystems. *Current Opinion in Microbiology* 2002, 5:240-245.
- Velázquez M. 1999 Estudio de la interacción Maíz-*Burkholderia cepacia*, *Revista Latinoamericana de Microbiología* 41: 17-23

SELECCIÓN INOCULOS MICORRÍZICOS PARA LA PROMOCIÓN DE CRECIMIENTO EN PLANTAS DE ALFALFA

Trinidad-Cruz, J. R.¹; Quiñones-Aguilar, E. E.^{1*}; Luis López-Pérez, L.²; Rincón-Enríquez, G.^{1*}

¹Unidad de Biotecnología Vegetal, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. Guadalajara, Jalisco, México.

²Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

*Autores responsables: eqaguilar08@gmail.com / grincone@gmail.com; Avenida Normalistas No. 800, Colonia Colinas de la Normal CP. 44270, Guadalajara, Jalisco México (Tel. +52 33 33455200 Ext. 1703).

Resumen

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es un cultivo de importancia debido a que su producción se destina para el consumo animal, en las últimas décadas ha empezado una transición hacia una agricultura sustentable de bajo impacto ambiental, el uso de bioinoculantes que tienen la ventaja de promover el crecimiento vegetal y por consiguiente disminuir la dependencia hacia los fertilizantes químicos, debido a ello, la búsqueda de nuevos inoculantes a base de consorcios micorrízicos puede ser una alternativa. Por lo cual el objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes consorcios de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y concentración de suelo rizosférico de plantas de *Agave tequilana* con HMA sobre la promoción de crecimiento de plantas de alfalfa. Se utilizaron cuatro diferentes consorcios de suelo rizosférico, tres de ellas colectadas en el Estado de Michoacán (Cebadas 8, La Presa "parcela escolar" y La Nueva Palma) y una de Jalisco (Barranca de Huentitán), se utilizó como inóculo 100, 50, 25, 12.5 y 6.25 g de suelo rizosférico, en macetas de unicel se colocaron 200 g de arena estéril y el respectivo inóculo, se sembraron dos semillas de alfalfa por maceta. Se evaluaron 24 tratamientos (T) en un diseño experimental completamente al azar. Las variables de crecimiento evaluadas fueron pesos frescos y secos de las plantas de alfalfa. Para las variables peso fresco de raíz, el T14 (LNP-50) presentó el mayor peso fresco de raíz con un 87% más que el T19 (BH-100). En la variable peso seco de parte aérea el T19 (BH-100) mostró el mayor peso con un 66% más que los T18 (LNP-0) y T24 (BH-0), los inóculos micorrízicos mostraron tener una variación sobre la promoción del crecimiento de las plantas de alfalfa.

Palabras clave: Bioinoculantes; consorcio micorrízico; *Medicago sativa*

Introducción

En las últimas décadas, el uso de bioinoculantes ha tenido mayor importancia en el desarrollo de una agricultura sustentable y debido a las ventajas que estos presentan tales como promover el crecimiento vegetal y la resistencia a enfermedades, es por ello, que su uso puede ser una alternativa en los cultivos agrícolas de importancia económica.

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es un cultivo de importancia económica para México debido a que su producción se destina en mayor parte para el consumo animal por su gran valor nutritivo; la producción de alfalfa verde en el 2012 fue de 31 millones de Mg con un rendimiento de 79.98 Mg ha⁻¹ (SIAP, 2012), debido a su alta producción el uso de bioinoculantes puede ser una alternativa para la disminución de los fertilizantes químicos y dirigirse hacia una agricultura sustentable. Sin embargo, es necesario tener un manejo apropiado de estos bioinoculantes y evaluarlos en la promoción del crecimiento y rendimiento de las plantas (Barea *et al.*, 2005), ya sean inóculos comerciales o el desarrollo de nuevos inóculos (consorcios) dirigidos hacia la planta de interés, dentro de estos

bioinoculantes se puede encontrar aquellos que contienen hongos micorrízicos arbusculares (HMA), estos HMA se asocian con aproximadamente el 80% de las plantas superiores (Smith y Read, 2008), es por ello, que pueden encontrarse HMA en casi todos los ecosistemas y aprovechar su diversidad tanto ecológica como funcional para la selección de inoculantes con el fin de elaborar biofertilizantes. Por lo cual el objetivo de esta trabajo fue evaluar el efecto de diferentes consorcios de HMA y concentración de suelo rizosférico de *Agave tequilana* con HMA sobre la promoción de crecimiento de plantas de alfalfa (*Medicago sativa*).

Materiales y Métodos

Se recolectó suelo rizosférico de cuatro diferentes sitios de muestreo durante el mes de septiembre de 2012, tres de ellas en el Estado de Michoacán de plantaciones de *A. tequilana* de la Empresa Eco-Agave y una de ellas en el Estado de Jalisco de plantas de *A. tequilana* silvestres (Cuadro 1). Se determinó el número de esporas iniciales para las muestras de Michoacán mediante la técnica de tamizado húmedo y decantación (Gerdemann y Nicolson, 1963) y se utilizó un gradiente de sacarosa al 50% para eliminar la mayor parte de partículas de suelo de las muestras (Brundrett *et al.*, 1996), las esporas fueron lavadas en un tamiz de 45 μm para eliminar la sacarosa y posteriormente se contaron con ayuda de un microscopio de disección.

Se utilizó semilla comercial de alfalfa (*M. sativa*, Var. CUF-101), las cuales fueron primeramente lavadas con agua corriente para eliminar la cubierta de fungicida y secadas con papel absorbente a temperatura ambiente. Como macetas se utilizaron vasos de unicel de 500 mL de capacidad, los cuales fueron llenados inicialmente con 200 g de arena esterilizada (120°C durante 8 h), para después agregar una capa con el inoculo de suelo rizosférico según su tratamiento correspondiente y después se agregó 50 g de arena y se sembraron dos semillas de alfalfa por cada vaso, las macetas fueron mantenidas en condiciones de invernadero y regadas con agua corriente dos veces por semana. Las semillas de alfalfa sembradas en los vasos de unicel fueron utilizadas para evaluar la promoción de crecimiento de las cuatro diferentes muestras de suelo rizosférico de *A. tequilana* y diferentes concentraciones de suelo de cada muestra de los cuatro sitios muestreados Cebadas 8 (CE8), La Presa "Parcela Escolar" (LPE), La Nueva Palma (LNP) y Barranca de Huentitán (BH), se utilizó 100 g de suelo seco de cada sitio como concentración inicial y posteriormente se hicieron diluciones a mitad de la concentración inicial sucesivamente (50, 25, 12.5, 6.25 y 0 g de suelo inoculo) y se les agregó arena esterilizada para completar un peso final de 100 g de suelo seco, para el tratamiento control se utilizó únicamente 100 g de arena, de manera concreta los tratamientos consistieron en: sitio-100 g de inoculo; sitio-50 g de inoculo + 50 g de arena; sitio-25 g de inoculo + 75 g de arena; sitio-12.5 g de inoculo + 87.5 g de arena; sitio-6.25 g de inoculo + 93.75 g de arena y sitio-100 g de arena (control), esto fue para cada una de los cuatro consorcios de los HMA de suelo rizosférico, por lo cual se contó con 24 tratamientos.

Se realizó un diseño experimental completamente al azar con 24 tratamientos, en cuatro sitios de muestreo (CE8, LPE, LNP y BH) y seis concentraciones de suelo rizosférico (100, 50, 25, 12.5, 6.25 y 0 g), con tres repeticiones por tratamiento donde cada maceta de unicel fue una unidad experimental. Se evaluaron tres variables de respuesta, peso fresco de la parte aérea (PFPA), peso fresco de raíces (PFR) y peso seco de la parte aérea (PSPA). Se realizó un ANVA y prueba de Tukey HSD con nivel de significación de 5%, los datos de peso seco de la parte aérea (PSPA) fueron previamente transformados con el inverso de cada dato ($1/x$) antes de su análisis.

Resultados y Discusión

Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Tukey HSD, $p \leq 0.05$) para las variables de peso fresco de raíz y peso seco de la parte aérea, para el caso de la variable peso fresco de la parte aérea no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos control y las diferentes concentraciones de inoculo (suelo rizosférico de *A. tequilana*). Para la variable peso fresco

de raíz se encontró una gran variación de pesos entre tratamientos, fue el tratamiento 14 (LNP-50) el que presentó el mayor peso fresco de raíz con un 87% más que el tratamiento 19 (BH-100) que fue el que presentó el menor peso (Cuadro 2). Para el caso de la variable peso seco de la parte aérea, fue el tratamiento 19 (BH-100) el que presentó el mayor peso seco con un 66% más en peso que los tratamientos 18 (LNP-0) y 24 (BH-0), también puede observarse que el tratamiento 19 (BH-100) que presentó el menor peso fresco de raíz, acumuló un 53% más de biomasa seca en comparación con tratamiento 14 (LNP-50) que fue el que presentó el mayor peso fresco de raíz.

Estado	Municipio	Localidad	Sitio de muestreo	Ubicación geográfica	Altitud (msn)	Número de esporas en 50g	Clave del consorcio
Michoacán	Jiquilpan de Juárez	Totalán	Cebadas 8	N 19°58'45.01" O 102°39'30.76"	1628	395	CE8
	Villamar	San Antonio Guaracha	La Presa "parcela escolar"	N 19°58'24.39" O 102°33'59.32"	1602	214	LPE
	Venustiano Carranza	La Palma	La Nueva Palma	N 20° 8'14.09" O 102°46'5.93"	1555	720	LNP
Jalisco	Tonalá	Tonalá	Barranca de Huentitán	--	--	--	BH

Cuadro 1. Ubicación de las muestras de suelo rizosférico de *Agave tequilana* empleadas para la selección de un inoculante para plantas de alfalfa.

Se observa en el Cuadro 2 diferentes incrementos en el PFFA, PFR y PSPA dentro de los tratamientos, esta variación puede deberse a la composición de especies presentes en la muestra de suelo rizosférico y la diversidad funcional de estas especies en la absorción de nutrientes, puesto que, esta es una de las características importantes de los bioinoculantes a base de consorcios micorrízicos en promover el crecimiento de las plantas (Munkvold *et al.*, 2004; Trejo *et al.*, 2011).

Por lo anterior, Campanelli *et al.* (2012) encontraron un efecto positivo en el crecimiento de plantas de alfalfa var. Icon inoculadas con *Glomus viscosum* H.T. Nicolson cepa A6 en los pesos fresco y secos de tallo y raíz con respecto a las plantas no inoculadas, encontrando así también, una dependencia de las plantas hacia los HMA de entre 40 y 50%. Lo anterior demuestra, que existe una dependencia variada de las plantas a las micorrizas dentro de diferentes especies, así como, dentro de variedades de una misma especie (Smith y Smith, 2011) en este trabajo se utilizaron plantas de alfalfa var. CUF-101. Por otro lado, Hetrick *et al.* (1996) encontraron diferencias en la respuesta de la promoción de crecimiento de 10 cultivares de trigo a la inoculación con HMA encontrando una respuesta positiva en seis cultivares y ninguna o una respuesta negativa en los otros cuatro cultivares e indicaron que la respuesta de los cultivares fueron consistentes, independientemente de la fuente del inoculo, lo que sugiere que la respuesta a la micorrización es un rasgo heredado por el cultivar sin importar las características de funcionalidad de los HMA.

En el desarrollo de los cultivares de la mayoría de los cultivos agrícolas de importancia económica es dirigido hacia el aumento del rendimiento de las plantas comparado a su forma silvestre, seleccionando y mejorando las plantas hasta obtener el máximo rendimiento sin importar otras características como los genes relacionados en la simbiosis con los microorganismos (rizobacterias u hongos micorrízicos arbusculares) (Rengel, 2002), cuando se alcanza el potencial del cultivo para su crecimiento queda claro que el utilizar estos HMA para promover su crecimiento parece insignificante, dado que, los cultivares no pueden ofrecer más de lo que ya han sido mejorados.

Conclusiones

Los suelos rizosféricos de *Agave tequilana* mostraron tener un efecto variado en la promoción del crecimiento de las plantas de alfalfa. El tratamiento 19 (BH-100) presentó el mayor aumento en peso seco de la parte aérea.

Cuadro 2. Efecto de cuatro suelos rizosféricos de *A. tequilana* sobre la promoción de crecimiento de plantas de alfalfa (*Medicago sativa*) para las variables peso fresco de parte aérea (PFPA), peso fresco de raíces (PFR) y peso seco de la parte aérea (PSPA).

Tratamientos	Peso Fresco (g)		PSPA (g)
	Parte aérea	Raíz	
T1-CE8-100	2.17 a	3.90 abc	0.58 ab
T2-CE8-50	1.89 a	4.48 abc	0.52 ab
T3-CE8-25	2.03 a	4.34 abc	0.54 ab
T4-CE8-12.5	1.85 a	3.52 abc	0.63 ab
T5-CE8-6.25	1.72 a	4.89 abc	0.48 ab
T6-CE8-0	2.27 a	5.35 ab	0.53 ab
T7-LPE-100	1.74 a	4.26 abc	0.43 b
T8-LPE-50	1.83 a	4.21 abc	0.46 ab
T9-LPE-25	1.93 a	4.43 abc	0.55 ab
T10-LPE-12.5	1.68 a	3.94 abc	0.49 ab
T11-LPE-6.25	2.48 a	3.91 abc	0.52 ab
T12-LPE-0	2.13 a	3.83 abc	0.53 ab
T13-LNP-100	1.52 a	3.64 abc	0.52 ab
T14-LNP-50	1.84 a	5.47 a	0.49 ab
T15-LNP-25	1.84 a	3.48 abc	0.50 ab
T16-LNP-12.5	2.34 a	3.69 abc	0.51 ab
T17-LNP-6.25	1.82 a	3.53 abc	0.49 ab
T18-LNP-0	1.79 a	3.59 abc	0.45 b
T19-BH-100	2.30 a	2.92 c	0.75 a
T20-BH-50	2.06 a	3.73 abc	0.53 ab
T21-BH-25	1.53 a	3.05 bc	0.51 ab
T22-BH-12.5	1.83 a	2.97 c	0.56 ab
T23-BH-6.25	1.67 a	4.23 abc	0.43 b
T24-BH-0	1.45 a	3.14 bc	0.45 b

* Letras distintas por columna indican diferencias significativas (Tukey HSD, $p \leq 0.05$); CE8: Cebadas 8; LPE: La Presa "parcela escolar"; LNP: La Nueva Palma; BH: Barranca de Huentitán; 100, 50, 25, 12.5, 6.25 y 0: Concentración de inoculo rizosférico en g.

Agradecimientos

Al Fondo Mixto del gobierno del estado de Michoacán y al CONACYT (clave del proyecto MICH-2010-03-148208). El autor Jesús Rafael Trinidad Cruz (CVU 424465) agradece al CONACYT el apoyo de beca para realizar sus estudios de maestría en CIATEJ.

Bibliografía

Barea, J. M., D. Werner, C. Azcón-Guilar and R. Azcón. 2005. Interactions of arbuscular mycorrhiza and nitrogen-fixing symbiosis in sustainable agriculture. In: Werner, D. and W. E. Newton (Eds.). Nitrogen Fixation in Agriculture, Forestry, Ecology, and the Environment. Springer Netherlands. p. 199-222.

- Brundrett, M., N. Bougher, B. Dell, T. Grove and N. Malajczuc. 1996. Working with Micorrizas in Forestry and Agriculture. Australian Centre for International Agricultural Research Monograph 32, Canberra. p. 374.
- Campanelli, A., C. Ruta, G. De Mastro and I. Morone-Fortunato. 2013. The role of arbuscular mycorrhizal fungi in alleviating salt stress in *Medicago sativa* L. var. icon. *Symbiosis* 59: 65-76.
- Gerdemann, J. W. and T. H. Nicolson. 1963. Spores of mycorrhizal endogone species extracted by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society* 46: 235-244.
- Hetrick, D., B. A., G. W. T. Wilson and T. C. Todd. 1996. Mycorrhizal response in wheat cultivars: relationship to phosphorus. *Canadian Journal of Botany* 74: 19-25.
- Munkvold, L., R. Kjølter, M. Vestberg, S. Rosendahl and I. Jakobsen. 2004. High functional diversity within species of arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist* 164: 357-364.
- Rengel, Z. 2002. Breeding for better simbiosis. *Plant and Soil* 245: 147-162.
- Servicio de información agroalimentaria y pesquera (SIAP). (2012). Cierre de la producción agrícola por cultivo. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper &Itemid=350.
- Smith, S.E. and D. J. Read. 2008. *Mycorrhizal symbiosis*; Academic press, Cambridge, UK; p: 800.
- Trejo, D., R. Ferrera-Cerrato, R. García, L. Varela, L. Lara y A. Alarcón. 2011. Efectividad de siete consorcios de hongos micorrízicos arbusculares en plantas de café en condiciones de invernadero y campo. *Revista Chilena de Historia Natural* 84: 23-31.

EFECTO DE LOS INOCULANTES BACTERIANOS MIXTOS EN EL DESARROLLO DE CACAO (*THEOBROMA CACAO* L.)

Vázquez Cabañas, E.A.¹; López Reyes, L.¹; Hipólito Romero, E.^{2*}; Ramos Prado, J.M.²; Carcaño Montiel, M.G.^{1**}

¹Laboratorio de Microbiología de Suelos, Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

²Centro de Ecoalfabetización y Diálogo de Saberes. Universidad Veracruzana.

*Autor responsable: Enrique Hipólito Romero. ehipolito@uv.mx. Av. De las Culturas Veracruzananas s/n. Colonia Emiliano Zapata. C.P. 91060. Campus USBI, Xalapa, Veracruz.

**Autor responsable: Moisés Graciano Carcaño Montiel. moises.carcano@correo.buap.mx. Edificio 103-J. Ciudad Universitaria. Puebla, Puebla. C.P. 72570. Teléfono +52 222 2295500 Ext. 2548.

Resumen

El cacao (*Theobroma cacao* L.) representa uno de los cultivos más significativos de nuestro país. Su importancia comercial rebasa la capacidad de producción a nivel local. Las condiciones ambientales bajo las que se desarrolla la producción de cacao en México lo han hecho insostenible por lo que en la última década se estima la pérdida del 40% de la producción nacional. Como una alternativa para mejorar la provisión de nutrientes a este cultivo, se propone el uso de inoculantes mixtos a base de bacterias fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fosfatos; buscando favorecer las interacciones ecológicas a nivel de la rizósfera e impactar positivamente en el desarrollo del cultivo. Los inóculos bacterianos aplicados incluyen poblaciones de *Azospirillum brasilense* (UAP-151 y UAP 154), *Acinetobacter calcoaceticus* (BUAP 35) y *Chromobacterium violaceum* (BUAP 40). La parcela de estudio se localiza en la comunidad Cerro Camarón, Mpio. de San Pedro Ixcatlán, Oaxaca, México. La estructura del predio configura un sistema agroforestal apto para este cultivo, en el que se utilizaron cuatro variedades clónales (INIFAP 1, INIFAP 8, INIFAP 9, Carmelo 1) más una variedad local de uso común. Para evaluar los efectos de los inoculantes se realizaron mediciones fenológicas del cultivo (altura, diámetro de tallo, número de hojas y número de ramas). Los resultados muestran una tendencia a estimular el crecimiento en las plantas, como efecto de la aplicación de los inoculantes; esto sienta las bases para desarrollar biofertilizantes para el uso extensivo en el cultivo de cacao.

Palabras clave: Azospirillum; Acinetobacter; Chromobacterium. Biofertilizantes

Introducción

El cacao (*Theobroma cacao*) es la fuente de chocolate, es una especie nativa de los bosques tropicales de América Central y del Sur, su centro de origen se ubica en la parte superior de las aguas del Amazonas, al pie de los Andes, es considerado como uno de los cultivos perennes más importantes de México y del planeta (Aliphath, 2008), representa la fuente de ingreso principal de 40 a 50 millones de personas en zonas productoras localizadas en África, Asia, Centro y Sudamérica (Almeida y Valle, 2007). En el 2010 México se ubicó en el 13° lugar con una aportación al mercado internacional de 0.6% (FAOSTAT, 2011). Las principales entidades productoras de cacao comprenden los estados de Tabasco, Chiapas, Guerrero, Oaxaca y Veracruz. Siendo Tabasco y Chiapas quienes aportaron el 99.5 % del total nacional, con una superficie de 61 344 ha y obtuvieron 27 174 t de cacao seco que sustentan a 31 139 familias (SIAP, 2011; FAOSTAT, 2011).

La demanda de cacao ha ido en aumento, la cual ha pasado de 2.2% de tasa anual en el 2 000 a 3.7% para el 2010 (ICCO, 2010). En los últimos años los productores cacaoteros han sufrido pérdidas

en las plantaciones debido a los elevados costos de insumos, bajo nivel tecnológico, deficiencia de nutrientes, altas incidencias de plagas y enfermedades. Una alternativa es la aplicación de microorganismos benéficos para las plantas con potencial biofertilizante. Entre los más conocidos y estudiados están las especies de bacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal (BPCV) pertenecientes a los géneros *Rhizobium*, *Pseudomonas* y *Azospirillum*. Los mecanismos que las bacterias utilizan pueden ser la solubilización de fosfatos, la producción de reguladores del crecimiento vegetal o fitohormonas y la fijación de nitrógeno, influyendo en el metabolismo de la planta por el incremento en la toma de agua y minerales. Se genera una mejora en el desarrollo radicular, incrementando la actividad enzimática de la planta o ayudando a otros microorganismos benéficos para las plantas. Existen evidencias de las bondades de la asociación planta-microorganismo en diferentes cultivos, favoreciendo el incremento del rendimiento y reduciendo el uso de fertilizantes de origen sintético (Adesemoye y Egamberdieva, 2013)

Se ha evaluado el efecto de la inoculación con *Azospirillum brasilense*, *Chromobacterium violaceum* y *Acinetobacter calcoaceticus* en maíz, así como la asociación *Azospirillum*-planta en cereales y pastos y en menor grado en otras familias de plantas (De Bashan *et al.*, 2007). En el caso de cereales se obtuvo un incremento en múltiples variables morfológicas. También se ha observado un incremento en el desarrollo del sistema de raíces tanto en longitud como en volumen, así como en la concentración de nitrógeno en el follaje y grano, y un aumento en las tasas de germinación. Además, se han encontrado efectos positivos en algunos cultivos perennes, tales como cítricos, papaya y aguacate (De Bashan *et al.*, 2007).

El cultivo de cacao se ha evaluado en la asociación *Azospirillum*-planta en vivero obteniendo incrementos en altura, producción de número de hojas y materia seca de plantas (parte aérea y parte subterránea), así como un incremento en la concentración de N, P y Ca en el tejido vegetal (Aguirre, 2007). La inoculación en cultivo de cacao con bacterias solubilizadoras de fosfatos carece de información registrada, por lo que se propone evaluar en campo el efecto de los inoculantes bacterianos combinados a base de bacterias fijadoras de nitrógeno (*A. brasilense*) y solubilizadoras de fosfatos (*C. violaceum* y *A. calcoaceticus*) estimuladoras del crecimiento vegetal, en el desarrollo morfológico y fisiológico de *Theobroma cacao* L. en una parcela experimental en la comunidad de Cerro Camarón, Municipio de San Pedro Ixcatlán, Oaxaca, México. Este trabajo forma parte del proyecto "Rescate biocultural de sistemas agroforestales con especies de alto valor ecológico, económico y cultural", en el que participan investigadores de la Universidad Veracruzana, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, el Plan Cacao Nestlé de México y productores de tres comunidades de Oaxaca y Veracruz.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó de octubre del 2012 a abril del 2013, en la comunidad de Cerro Camarón, Mpio. de San Pedro Ixcatlán al norte del estado de Oaxaca, en la región del Papaloapan, México. Situado en las coordenadas 18° 08' 41" LN y 96° 30' 36" LO, a una altura de 310 msnm. Limita al norte con los municipios de San Miguel Soyaltepec y San José Independencia, al sur con San Felipe Jalapa de Díaz, al oeste con San José Tenango y al este con el municipio de San Miguel Soyaltepec. El municipio cuenta con una extensión de 109 km² que representa 0.11% de la superficie del estado. El clima predominante en el municipio es cálido húmedo, con una temperatura media anual de 26° C y la precipitación promedio es de 1 800 a 2 900 mm anuales; la temporada de lluvias abarca del mes de mayo y se prolonga hasta el mes de septiembre. Los vientos dominantes provienen del Golfo de México y se presentan en los meses de octubre a marzo (Gobierno Municipal Constitucional, 2008)

Se trabajó con cepas bacterianas caracterizadas como fijadoras de nitrógeno *Azospirillum brasilense* (UAP 151 y UAP 154) y solubilizadoras de fosfatos del género *Chromobacterium violaceum* (BUAP 35) y *Acinetobacter calcoaceticus* (BUAP 40). Ambos grupos de bacterias forman parte del cepario del Laboratorio de Microbiología de Suelos del Centro de Investigación en Ciencias Microbiológicas del I.C.U.A.P. El inoculante (biofertilizante) se aplicó a plantas de cacao en dos eventos.

El primero antes de su siembra en campo y el segundo a los cuatro meses después de la siembra. Para la siembra en la parcela se utilizaron las variedades INIFAP 1: RIM76XEET400, INIFAP 9: RIM75XSPA9, INIFAP 8: RIM76XEFT48, Carmelo 1: Neocriollo, y más una variedad local. La edad de las plantas al momento de la siembra fue de siete meses. Se determinó la población bacteriana del inóculo en unidades formadoras de colonias por mL (UFC mL⁻¹).

El biofertilizante se aplicó en dosis líquida de 200 mL por planta. A los tratamientos fertilizados se adicionó 50 g de NPK por planta siendo la dosis única en el tiempo que duró el experimento. El diseño experimental se ajustó a un modelo de bloques al azar con 3 tratamientos y 9 repeticiones. Los tratamientos consistieron en inocular las plantas con *A. brasilense*, *C. violaceum*, y *A. calcoaceticus* combinados, en aplicación de fertilización química y se tuvo un testigo.

La evaluación de la biofertilización se realizó midiendo la altura de la planta (cm), diámetro del tallo (cm), número de hojas y número de ramas. El registro de las variables se realizó a los seis meses después de la siembra. La altura se midió tomando la longitud del tallo desde de la corona radical hasta la yema apical. El diámetro de tallo se midió con Vernier registrando el dato a 20 cm arriba de la corona radical. El número de hojas y ramas se obtuvo de un conteo individual por planta.

La población de microorganismos en la rizósfera de las plantas de cacao se determinó a los seis meses después del establecimiento de las plantas en campo. Se realizaron diluciones seriadas desde 10⁻¹ hasta 10⁻⁶ y se sembró en medio de agar Goldstein para la determinación de bacterias solubilizadoras de fosfatos, agar de soya y tripticasa (TSA) para bacterias mesófilas aerobias y agar NFb (nitrogen fixing bacteria) semigelificado para microorganismos fijadores de nitrógeno. Las placas de agar y viales de NFb se incubaron a 30 °C durante 48-72 h (Lorch *et al.*, 1995). Se realizaron los conteos de los organismos presentes en las placas y los resultados se condesaron en cuadros para su análisis. Posteriormente, se aisló un número representativo de cada grupo microbiano por tratamiento, por medio de la técnica de siembra por estría cruzada, hasta que se consiguió su purificación. Todas las bacterias se mantuvieron viables por crioconservación. Para cada uno de los parámetros evaluados se realizó el análisis estadístico mediante la comparación de medias de Tukey con $\alpha=0,05$ utilizando el programa STAT 2.

Resultados y Discusión

La concentración de bacterias en el biofertilizante fue de 3x10⁸ UFC mL⁻¹ de *A. brasilense* y 17x10⁸ UFC mL⁻¹ en bacterias solubilizadoras de fosfatos. El nivel de inoculación óptimo en semillas y plántulas para muchos cereales y plantas de cultivo comerciales, se ha observado que es de alrededor de 10⁶-10⁸ unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC mL⁻¹) o gramo de inoculante (Okon y Labandera, Hartman y Baldani, 2006), para que exista una estimulación en el crecimiento, en otros estudios reportan un incremento en la cantidad de fósforo y nitrógeno en suelos donde se encontraron bacterias solubilizadoras de fosfatos y fijadoras de nitrógeno, en un agroecosistema de cacao asociado a otros cultivos (Ormeño y Zambrano, 2008).

En el conteo de bacterias mesófilas aerobias se registraron diferencias significativas entre los tratamientos, tal es el caso de la variedad INIFAP 9 y Carmelo 1 que tuvieron en el tratamiento de biofertilización la población más alta con 121x10⁵ UFC g⁻¹ suelo y 207x10⁵ UFC g⁻¹ suelo respectivamente. Mientras que en el tratamiento de fertilización química las variedades con mayor población fueron INIFAP 8 y Local con 75 x10⁵ UFC g⁻¹ suelo y 114 x10⁵ UFC g⁻¹ suelo, respectivamente (Cuadro 1).

Aunque se esperaba que en suelos inoculados con biofertilizante existiera una mayor población de bacterias solubilizadoras de fosfatos en la mayoría de los resultados no se encontraron diferencias significativas, a excepción de INIFAP 1 en donde la mayor población se registró en el tratamiento control.

Cuadro 1. Conteos microbianos realizados a partir de muestras de suelo extraídas a nivel de rizósfera de las plantas de cacao (*Theobroma cacao*) en tres tratamientos (Biofertilización, Control y Fertilización química).

Variedades de las plantas de cacao	Tratamiento*								
	B			C			F		
	Bacterias aeróbias 10 ⁵ UFC g ⁻¹	Bacterias mesófilas	Bacterias solubilizadoras de fosfatos 10 ⁴ UFC g ⁻¹	Bacterias fijadoras de nitrógeno 10 ² UFC g ⁻¹					
INIFAP 1	86a	89a	80 ^a	20b	80a	0c	40	1400	300
INIFAP 8	75c	84b	85 ^a	40 ^a	60a	30a	75	1100	1100
INIFAP 9	121a	97b	53c	130 ^a	70a	30 ^a	450	45	1100
Carmelo 1	207a	108b	94c	80 ^a	40a	30a	16	1100	150
Local	114c	63b	155a	110 ^a	70a	70 ^a	75	200	20

*B= Biofertilizante, C= Control, F= Fertilizante químico (20-30-10).

En el tratamiento de biofertilización existe la tendencia en altura a generar los valores mas altos para las variedades INIFAP 8, INIFAP 9 y Carmelo 1 con respecto a los tratamientos fertilizados y controles sin existir diferencias significativas entre ellos. En el caso de INIFAP 1 y Local la mayor altura se encontró en el tratamiento control en comparación con el tratamiento fertilizado y biofertilizado. Solo la variedad local mostró diferencias significativas entre tratamientos (Figura 1).

Se observa que la tendencia a los valores más elevados de diámetro de tallo son en las variedades INIFAP 8 y Carmelo 1 respecto al tratamiento de Biofertilización en comparación con fertilización química y control sin mostrar diferencias significativas entre tratamientos; Respecto al tratamiento de fertilización química, la variedad INIFAP 9 mostró el valor más elevado, teniendo diferencias significativas entre tratamientos; La variedad Local mostró el valor más alto en el tratamiento control teniendo diferencias significativas. En cuanto a la variedad INIFAP 1 en el tratamiento biofertilizado y control se obtuvieron los mismos valores (Figura 2).

En número de ramas se registraron los valores más altos en las cinco variedades con tratamiento de biofertilización, sin embargo, no se muestran diferencias significativas entre tratamientos (Figura 3). Se observa que el número de hojas tiende a ser mayor en las variedades INIFAP 1, INIFAP 8, INIFAP 9 y Carmelo 1 bajo el tratamiento de Biofertilización. La variedad Local muestra el valor más alto en el tratamiento control. En ninguna variedad se tuvieron diferencias entre tratamientos (Figura 4). El lento desarrollo en plantas de la variedad Local se debe a que es proveniente de semilla a diferencia de las otras variedades que fueron injertadas. Dos factores básicos que contribuyen a la complejidad de la respuesta de la planta a la inoculación son la variedad de la planta cultivada, ya que cada una responde de distinta manera a la inoculación el nivel de fertilización con nitrógeno Aguirre et al. (2007), investigaron el efecto de la biofertilización en cacao en ensayos de invernadero con la bacteria *Azospirillum brasilense* y el hongo *Glomus intraradices*, encontrando una mayor altura de las plantas, un mayor número de hojas y peso seco por planta en el tratamiento con inoculantes. En cultivos anuales los beneficios de la simbiosis se expresan en plazos muy breves, de 20-30 días después de la inoculación, pero en cultivos perennes en vivero hasta después de tres meses, como en cafeto y cacao. Pulido et al. (2003), estudio la inoculación simple y combinada en cebolla y tomate, y obtuvo que la inoculación con *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum* y *Burkholderia cepacia* permitió obtener plantas de tomate de calidad equivalente a la alcanzada con la fertilización inorgánica, mientras que para la cebolla, sólo *A. brasilense* y *A. chroococcum* permitieron la obtención de plantas de alta calidad. Así mismo, el uso de bacterias capaces de solubilizar fosfatos, cobran vital importancia en los agroecosistemas tropicales dado que los principales tipos de fosfatos se encuentran insolubles, ya sea fijados al calcio en suelos alcalinos o fijados al aluminio o al hierro en suelos ácidos, así como formando compuestos orgánicos. Dichas bacterias tienen la propiedad de producir ácidos orgánicos que actúan sobre fosfatos de baja solubilidad y hacen disponible los fosfatos para las plantas. Su aplicación como biofertilizante en los sistemas agrícolas tropicales debe considerarse como una alternativa agroecológica (Adesemoye y Egamberdieva, 2013).

Estudios advierten que promover prácticas de fertilización química o inorgánica, sin considerar el contexto ambiental, sociocultural y económico en que se desarrolla este cultivo, pudiera afectar negativamente el agroecosistema, especialmente los procesos biológicos, específicamente las poblaciones de microorganismos benéficos que habitan en estos ambientes López *et al.*, 2007).

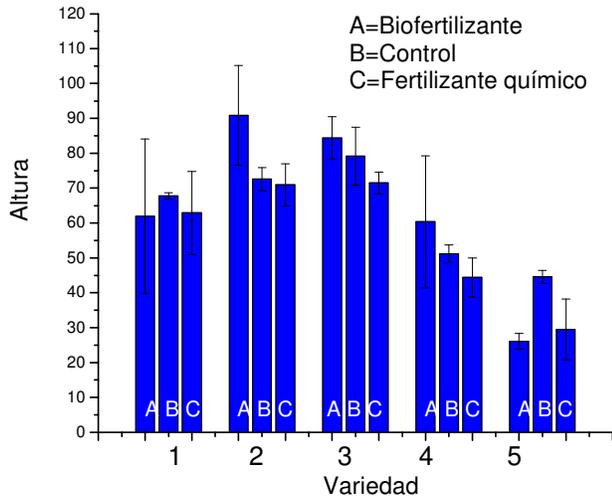


Figura 1. Altura de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo el efecto de biofertilización, control y fertilización química (20-30-10), en una parcela experimental en la comunidad Cerro Camarón, Mpio San Pedro Ixcatlán, Oaxaca, México. Los valores son promedios de nueve plantas por variedad en cada tratamiento. Variedad 1= INIFAP 1; 2=INIFAP 8; 3= INIFAP 9; 4= Carmelo 1; 5= local.

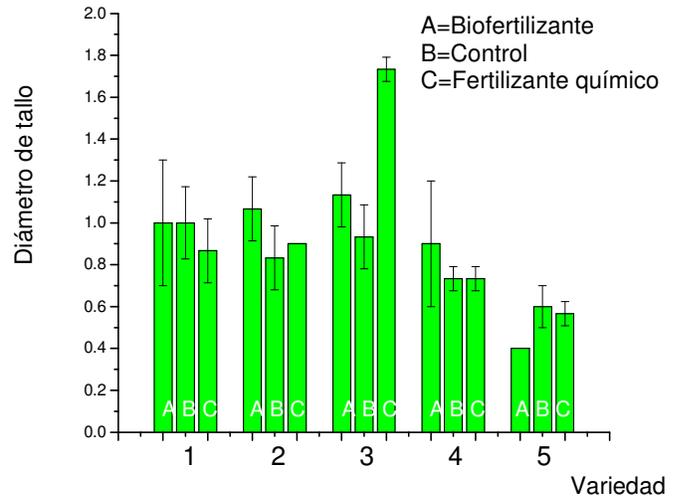


Figura 2. Diámetro de tallo de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo el efecto de biofertilización, control y fertilización química (20-30-10), en una parcela experimental en la comunidad Cerro Camarón, Mpio San Pedro Ixcatlán, Oaxaca, México. Los valores son promedios de nueve plantas por variedad en cada tratamiento. Variedad 1= INIFAP 1; 2=INIFAP 8; 3= INIFAP 9; 4= Carmelo 1; 5= local.

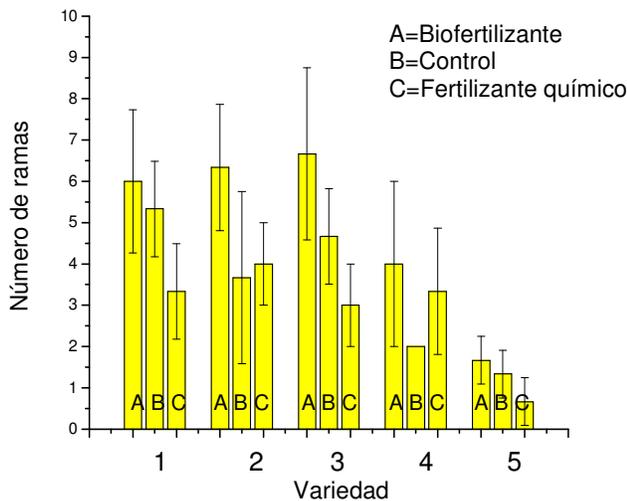


Figura 3. Número de ramas de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) con biofertilización, control y fertilización química (20-30-10), en una parcela experimental en Cerro Camarón, Mpio San Pedro Ixcatlán, Oaxaca, México. Promedios de nueve plantas por variedad en cada tratamiento. Variedad 1= INIFAP 1; 2=INIFAP 8; 3= INIFAP 9; 4= Carmelo 1; 5= local.

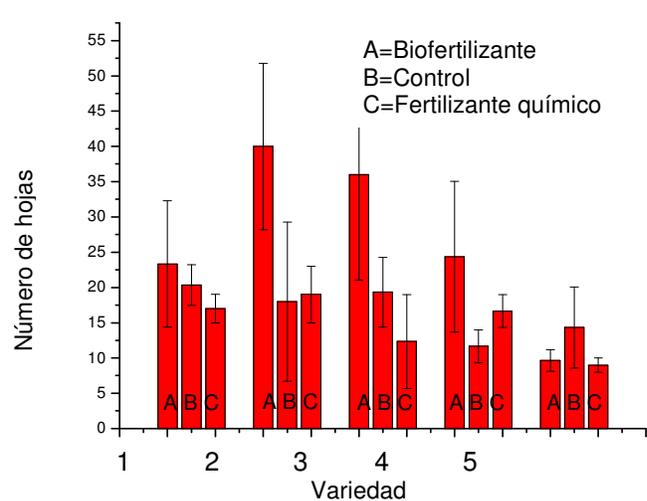


Figura 4. Número de hojas de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo el efecto de biofertilización, control y fertilización química (20-30-10), en una parcela experimental en la comunidad Cerro Camarón, Mpio San Pedro Ixcatlán, Oaxaca, México. Los valores son promedios de nueve plantas por variedad en cada tratamiento. Variedad 1= INIFAP 1; 2=INIFAP 8; 3= INIFAP 9; 4= Carmelo 1; 5= local.

Conclusiones

Los datos mostrados nos indican el efecto que genera la inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno junto con bacterias solubilizadoras de fosfatos. La respuesta del cacao sugiere que favorece el desarrollo principalmente de número de ramas y número de hojas de las plantas en las variedades INIFAP 8 e INIFAP 9. Los efectos evaluados corroboran las potencialidades de los microorganismos como agentes benéficos en el desarrollo y nutrición de las plantas.

Agradecimientos

El presente trabajo forma parte del convenio entre los Cuerpos Académicos: BUAP-CA-99 Microbiología de Suelos de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y UV-CA-263 Manejo y Conservación de Recursos Bioculturales de la Universidad Veracruzana, quienes sustentan la presente investigación. Además el proyecto Respuesta Ecofisiológica del cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) en sistemas agroforestales, por la biofertilización con inoculantes bacterianos con financiamiento SEP-PROMEP 2013. Al Plan Cacao Nestlé de México, quienes proporcionaron las plantas de cacao y capacitación en el manejo del cultivo a los productores participantes.

Bibliografía

- Adesemoye, A.O. y D. Egamberdieva. 2013. Beneficial effects of plant grow-promoting rhizobacteria on improved crop production: prospects for developing economics. pp. 45-63. *In: Maheshwari, D.K. et al., (Eds). Bacteria in Agrobiolgy: crop productivity.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Aguirre-Medina JF, A. Mendoza-López Cadena-Iñiguez J, Avendaño-Arrazate CH. 2007. Efecto de la Biofertilización en vivero del cacao (*Theobroma cacao* L) con *Azospirillum brasilense* y *glomus intraradices* Schenk et Smith. *Interciencia.* 32(8):541-546.
- Aliphat, M. M. 2008. Huertos y cacaotales Mayas: un análisis agroecosistémico. En: Laporte JP, B. Arroyo y H. Mejía. XXII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala. Museo Nacional de Arqueología y Etnología.
- Almeida, A.F. y R. R. Valle 2007. Ecophysiology of the cacao tree. *Braz J Plant Physiol* 19(4):425-448.
- De-Bashan LE, G. Holguin, B. R. Glick y Y. Bashan. 2007. Bacterias promotoras de crecimiento en plantas para propósitos agrícolas y ambientales. En: Ferrera-Cerrato R. y A. Alarcón *Microbiología agrícola: hongos, bacterias, micro y macrofauna, control biológico, planta microorganismo.* México. Trillas. p. 161-215.
- FAOSTAT. 2011. Sistema Estadístico de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Consultado: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx>. 20/01/2012.
- Ferrera-C. R. y A. Alarcón. 2000. Biofertilizantes: Importancia y utilización en la agricultura. *Agric Téc en Méx* 26(2):191-203
- Gobierno Municipal Constitucional. 2008. Plan de Desarrollo 2008-2010 San Pedro Ixcatlán, Tuxtpec, Oaxaca. p. 2-86.
- Hartman, A. y J.I. Baldani, 2006. The genus *Azospirillum*. *Prokariotes* 5: 115-140
- ICCO. 2010. Producción de cacao en grano mundial. Boletín Trimestal de Estadística de Cacao.
- López, M., I. López de Rojas, M. España, A. Izquierdo y L. Herrera. 2007 Efecto de la fertilización inorgánica sobre la disponibilidad de nutrimentos en el suelo, nivel nutricional de la planta y hongos micorrizicos arbusculares en plantaciones de *Theobroma cacao* L. *Agronomía Tropical* 57 (1):31-43
- Lorch, H., G. Benckieser, J. Ottow. 1995. Basic methods for counting microorganisms in soil and water. In: Alef K, Nannipieri P. *Methods in applied soil microbiology and biochemistry.* Great Britain. Academic press. p.146-161.
- Okon, Y. y C. Labandera. 1994. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil Biology Biochemistry* 26(12):1591-1601.
- Ormeño-Díaz M.A. y A.J. Zambrano-G. 2008. Los cultivos asociados al cacao (*Theobroma cacao* L.) como parte de un agroecosistema son una alternativa para el mejoramiento de la calidad de los suelos. *J Interam Soc Trop Hort* 53:31-33
- Pulido LE, Medina N, Cabrera A. 2003. La Biofertilización con Rizobacterias y Hongos Micorrizicos Arbusculares en la producción de posturas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y cebolla (*Allium cepa* L.). I. Crecimiento vegetativo. *Cultivos Tropicales.* 24(1):15-24.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2011. Cierre de la producción agrícola por cultivo. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Consultado: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=184. 07/11/11.

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-UIABCS



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



inifap