XLI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo

“Cultivando el porvenir de México”

Del 09 al 13 de octubre, 2016
León, Guanajuato

MEMORIAS

COMITÉ ORGANIZADOR LOCAL

Presidente Honorífico	Dra. Gabriela Olmedo Álvarez ***Directora de Cinvestav Unidad Irapuato***
Presidente	Dr. Juan José Peña Cabriales ***Profesor Titular Cinvestav Unidad Irapuato***
Apoyo Institucional SICES	Dr. Arturo Lara López ***Secretario de Innovación, Ciencia y Educación Superior***
Apoyo Institucional Instituto Tecnológico de Roque	Dr. Javier Z. Castellanos Ramos ***Profesor Titular IT-Roque***
Coordinador	pM. en C. Carlos Chávez ***Asistente de Investigador***

COMISIONES DIVERSAS

Multimedia
M. en C. José Antonio Corona Gómez
Tec. Arantxa Gabriela Pérez Romero
Tec. Omar Adbeel Avilés Osuna
Josué Eduardo Guevara Barboza
Tec. Manuel Reynaldo Pérez Hernández
Antonio Cisneros

Asistente en Cursos/Talleres
M. en C. Magdalena Cervantes Juan
IBT. Mónica Liliana Rodríguez Uribe

Asistente en Sesión de Carteles
Tec. Jonathan Francisco Noel Pérez
Tec. Jaime Mendoza Escamilla
Jorge Sánchez Rentería

Acreditación e Inscripción
Tec. Mayra González Carreón

Logística
M. en C. Coyolxauhqui Barrera Galicia

Exposición Comercial
IBQ. Luis Ernesto Hernández Rodríguez

COMITÉ CIENTÍFICO

Dr. Jorge Etchevers M. en C. Sergio Hernández	***División I***
Dr. Javier Castellanos M. en C. David Camarena	***División II***
Dr. Juan J. Peña M. en C. José Vera	***División III***
Dr. Juan Flores pM. en C. Carlos Chávez	***División IV***

COMITÉ DE CARTELES

Dr. Alejandro Alarcón IBQ. Luis Hernández	***División I***
Dra. Lucía Reyes M. en C. David Camarena	***División II***
Dra. Claudia Hidalgo M. en C. Sergio Hernández	***División III***
Dra. Catarina Loredo pM. en C. Carlos Chávez	***División IV***

MESA DIRECTIVA SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, A. C.

Dr. Enrique Troyo Diéguez
Presidente

Dr. Juan Pedro Flores Margez
Vicepresidente

Dra. Norma E. García Calderón
Tesorera

Dr. Félix A. Beltrán Morales
Secretario General

Dr. Juan Manuel Covarrubias Ramírez
Secretario de Relaciones Públicas

Dr. Juan Manuel Cortés Jiménez
Secretario Técnico

M. en C. Baltazar Corral Díaz
Secretario de Eventos Nacionales e Internacionales

Dra. Claudia Hidalgo Moreno
Primer Vocal

Dr. Armando Guerrero Peña
Segundo Vocal

Dra. Mariela H. Fuentes Ponce
Editora Revista Terra Latinoamericana

Dr. David Espinoza Victoria
Editor Adjunto Revista Terra Latinoamericana

COMITÉ NACIONAL DE APOYO A LA ORGANIZACIÓN DEL XLI CONGRESO

Dr. Enrique Troyo Diéguez (CIBNOR)	Presidente de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.
Dr. Juan José Peña Cabriales (CINVESTAV)	Coordinador del Comité Organizador
Dr. Javier Z. Castellanos Ramos (INTAGRI)	Promoción y Difusión
Dr. Pablo Preciado (IT-Torreón)	Coordinador División I
Dr. Moises Carcaño Montiel (BUAP)	Coordinador División II
Dr. José Luis García Hernández (UJED)	Coordinador División III
Dr. David Espinoza Victoria (COLPOS)	Coordinador División IV

Distinguidas Autoridades del Presídium.
Estimados Colegas de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.
Jóvenes estudiantes.
Señoras y señores:

Por más de cuatro décadas la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo se ha reunido anualmente para convivir y reflexionar fraternalmente sobre el estado que guarda el conocimiento de los suelos de México. Esto con el propósito de identificar y compartir entre colegas los avances alcanzados en la detección y búsqueda de soluciones a los problemas nacionales.

En esta ocasión el encuentro ocurre en una región con características físicas y humanas que facilitan la tarea. Estas características se traducen en la participación activa de un buen número de colegas que coadyuvan para alcanzar los objetivos que perseguimos.

Aunado a esto, el Estado de Guanajuato, dada su ubicación geográfica en el centro del país, su vocación agrícola y diversas vías de comunicación, facilitan la participación, no sólo de investigadores de todas partes del país, sino también de jóvenes estudiantes de las carreras afines a la agronomía.

Esta vocación natural de Guanajuato se ve reflejada en la intensa actividad agrícola que incluye una amplia diversidad de cultivos con altos rendimientos. Si profundizamos más allá del suelo, destaca de igual manera la riqueza minera contribuyendo significativamente a la economía del estado.

Además de los rasgos naturales de Guanajuato, quiero hacer especial énfasis en el solidario y decidido apoyo que recibimos de las autoridades estatales y municipales para que unidos alcancemos nuestro objetivo, un encuentro pletórico de ideas y propuestas. Hacemos un firme reconocimiento al CONACyT del estado y al CINVESTAV Irapuato, mi casa de trabajo, por su firme y solidario apoyo. ¡Gracias!, ¡Muchas gracias a todos!

No tengo duda que todos haremos nuestro mejor esfuerzo. Nos esperan cuatro días de intenso trabajo para atender: 9 conferencias plenarias, 11 simposia, 51 trabajos orales, 4 talleres, 2 coloquia y 107 trabajos en carteles, representando un total de 169 contribuciones.

Es importante destacar que nuestra Sociedad procura siempre fomentar en los niños el conocimiento del suelo. Así, se han programado actividades para 80 niños de dos escuelas primarias de la ciudad.

Considero justo hacer mención al solidario apoyo que recibo de mi grupo de trabajo. Además, quiero compartir con Ustedes que este esfuerzo conjunto en el que todos participamos lo hacemos en memoria a los entrañables colegas, maestros y amigos que se nos adelantaron en el camino de la vida pero que siguen vivos en nosotros a través de su legado científico y su fraternal recuerdo.

¡Gracias, muchas gracias!

Dr. Juan José Peña Cabriales

Presidente del Comité Organizador
del XLI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo

Patria: tu superficie es el maíz,
tus minas el palacio del Rey de Oros,
y tu cielo, las garzas en desliz
y el relámpago verde de los loros.

Ramón López Velarde

CONFERENCIAS MAGISTRALES **10**

SUELO, AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN. APROVECHANDO LAS OPORTUNIDADES *11*
LA IMPLEMENTACIÓN DE PRACTICAS DE CONSERVACIÓN PARA LA ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA EN EL SIGLO XXI ... *16*
LA BIOFUMIGACIÓN, UNA ESTRATEGIA DESINFECTAR DE PATÓGENOS EL SUELO Y MEJORAR RADICALMENTE SU FERTILIDAD *18*
LA CIENCIA DEL SUELO EN LA ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL *22*
Vulcanología y Suelos 23
Inoculación exitosa de leguminosas – ¿Un juego de números? 25

SIMPOSIA **26**

SIMPOSIO 1: 27
Red Temática Nacional de Laboratorios para el Análisis, Uso, Conservación y Manejo del Suelo *27*
LA SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO A.C. Y SU IMPULSO A LA CIENCIA EN MEXICO 28
SITUACIÓN ADMINISTRATIVA (2010-2015) DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, A.C. 32
REFLEXIÓN SOBRE EL ESTADO QUE GUARDA LA REVISTA TERRA LATINOAMERICANA Y PROPUESTAS PARA IMPULSAR SU FUNCIONAMIENTO 37
REFLEXIÓN SOBRE LA PARTICIPACIÓN DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO A.C. EN LOS CONGRESOS INTERNACIONALES Y EN LA ALIANZA MUNDIAL POR EL SUELO 41
REFLEXIONES PARA IMPULSAR LA CIENCIA DEL SUELO EN MEXICO Y AMERICA LATINA: SITUACION, TENDENCIAS Y DESAFIOS DE LA INVESTIGACION EN EL SECTOR AGRICOLA, Y DE LOS RECURSOS NATURALES 45
LA CIENCIA DEL SUELO COMO COMPONENTE DE LA NUTRICIÓN Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA 50
RETOS DE LA CIENCIA DEL SUELO Y SU SOCIEDAD CIENTIFICA EN MEXICO 54
LA CIENCIA DEL SUELO EN MÉXICO: PERSPECTIVAS, RETOS, OPORTUNIDADES 59
LA SITUACION ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO EN MEXICO ... 63
SIMPOSIO 2: 65
Red Temática Nacional de Laboratorios para el Análisis, Uso, Conservación y Manejo del Suelo *65*
ESTADO DEL ARTE DE LA RED NACIONAL DE LABORATORIOS PARA EL ANÁLISIS, USO, CONSERVACIÓN Y MANEJO DEL SUELO 66
RED TEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN CONACYT 72
RED NACIONAL DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA FORESTAL DE CONAFOR 77
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA MEDICIÓN DE CARBONO EN SUELO MEDIANTE ENSAYOS DE APTITUD INTERLABORATORIO E INTRALABORATORIO 83
Mapa Nacional de Carbono y Nitrógeno del Suelo y del Mantillo en la República Mexicana 87
SIMPOSIO 3: 88
Avances sobre nutrición vegetal en Agricultura Protegida *88*
RENDIMIENTO Y CALIDAD DE TOMATE EN SISTEMAS HIDROPÓNICOS ABIERTO Y CERRADO 89
SIMPOSIO 4: 94
Manejo del Suelo en la Agricultura Orgánica *94*
RIESGOS ASOCIADOS A ENMIENDAS ORGÁNICAS 95
APLICACIÓN DEL FRIJOL DOLICHOS COMO FUENTE DE FERTILIZACIÓN EN EL CRECIMIENTO Y ACUMULACIÓN DE BIOMASA EN TOMILLO (Thymus vulgaris L.) 96
MINERALIZACION DE ESTIERCOL BOVINO SOLARIZADO Y BIOSOLIDOS COMO FERTILIZANTS ORGANICOS EN LA PRODUCCION DE CHILE 97
SIMPOSIO 5: 98

Potencial de Secuestro de Carbono en suelos forestales y agrícolas *98*
PÉRDIDAS DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO Y DEL MANTILLO POR EROSIÓN Y DESFORESTACIÓN: IMPLICACIONES ECOLÓGICAS, SOCIOECONÓMICAS Y CULTURALES 99
LOS HONGOS MICORRÍCICOS ARBUSCULARES COMO UN INDICADOR BIOLÓGICO PARA EVALUAR EL ESTADO DEL CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO 100
SIMPOSIO 6: 104
Manejo y Conservación de Suelos *104*
EFECTO ACUMULADO DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACION EN RENDIMIENTO DE MAÍZ Y PROPIEDADES DEL SUELO EN EL ALTIPLANO DE MEXICO 105
RIESGO A LA EROSIÓN HÍDRICA EN MICROCUENCAS: CASO MEZQUITALILLO, ARMADILLO DE LOS INFANTE, S.L.P. 110
SIMPOSIO 7: 115
LA RIZÓSFERA DEL MAÍZ: SIGNIFICANCIA AGRONÓMICA *115*
Estrategias biológicas que optimizan la eficiencia en el uso de fósforo y productividad en maíz nativo 116
RIZÓSFERA DE MAÍZ Y SORGO: DIVERSIDAD TAXONÓMICA Y FUNCIONAL 121
EL PAPEL NUTRICIONAL DE LA POBLACIÓN BACTERIANA RIZOSFÉRICA DE MAÍZ DE TEMPORAL (Zea mays L.) EN MÉXICO 124
El hongo rizosférico Trichoderma atroviride confiere resistencia al ataque del insecto herbívoro Spodoptera frugiperda 130
CONTROL BIOLÓGICO DE GALLINA CIEGA CON HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN LA RIZÓSFERA 135
INTERACCIONES ENTRE LEVADURAS RIZOSFÉRICAS Y HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN RELACIÓN AL DESEMPEÑO VEGETAL DEL MAÍZ 141
SIMPOSIO 8: 146
2016 AÑO INTERNACIONAL DE LAS LEGUMINOSAS. SUELOS Y LEGUMINOSAS PARA UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE (FAO) *146*
POTENCIAL PRODUCTIVO DE LEGUMINOSAS ALTERNATIVAS PARA EL NOROESTE ÁRIDO DE MÉXICO ANTE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS Y EL CAMBIO CLIMÁTICO 147
Acumulación de Na^+ y Cl^- en tres cultivares de frijol dolichos (Dolichos spp) con seis niveles de salinidad 152
FRIJOL PINTO SALTILLO, LOS ACIERTOS DE LA CIENCIA AGRÍCOLA EN EL BINOMIO SUELO-CULTIVO 157
SIMPOSIO 9: 162
III SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE RECUPERACIÓN DE FERTILIZANTES DR. ROBERTO NUÑEZ ESCOBAR *162*
Análisis de indicadores de la eficiencia de uso del nitrógeno en maíz (Zea mays L.) en México, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, y Costa Rica en el período 1990-2010. 163
USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES: ¿MODELO O PRINCIPIO? 173
EFICIENCIA DE FERTILIZACIÓN: ESTUDIO DE CASOS EN EL CULTIVO DE AGUACATE EN MICHOACÁN 179
EXPERIENCIA EN EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA Y LOS FERTILIZANTES EN FRUTALES TROPICALES E INDUSTRIALES PERENNES 185
FACTORES DEL SUELO QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DEL FERTILIZANTE 194
SIMPOSIO 10: 201
BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS *201*
Biosurfactantes y bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico en la eliminación de compuestos orgánicos .. 202
CONTAMINACIÓN DE METALES PESADOS EN SUELO, AGUA, PLANTAS Y EFECTOS EN LA SALUD 203
UTILIZACIÓN DE HONGOS MICORRÍCICOS ARBUSCULARES, COMO ALTERNATIVA PARA LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON METALES PESADOS 209

CARTELES 212

DIVISIÓN I: 213
Diagnóstico metodología y evaluación del recurso suelo *213*

CONTENIDO DE METALES EN SUELOS AGRÍCOLAS AFECTADOS CON AGUAS RESIDUALES EN COMUNIDADes de atlixco y ocoyucan, PUEBLA 214
CALIDAD DE BIOSÓLIDOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) DE SALTILLO, COAH., PARA USO AGRÍCOLA 218
CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE PLOMO EN LOS SUELOS DEL CAMPO EXPERIMENTAL YACHAY 222
COMPARACIÓN DE PROPIEDADES FISICAS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS, MINERALES, Y SUS MEZCLAS 229
CARTOGRAFÍA EDÁFICA DIGITAL DEL ESTADO DE YUCATÁN: PROPIEDADES FÍSICAS 234
EVALUACIÓN DE UNO, DOS Y TRES TALLOS EN EL HIBRIDO "CID" DE TOMATE (Licopersicon esculentum Mill) BAJO CONDICIONES DE HIDROPONIA E INVERNADERO 239
HOMOGENEIDAD DE UN MATERIAL DE REFERENCIA DE SUELO PARA LA DETERMINACIÓN DE HIDROCARBUROS EN LA FRACCIÓN PESADA 250
ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE SUELOS EN TEXCOCO 260
EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN SUELOS AGRÍCOLAS DEL MUNICIPIO DE IRAPUATO, GUANAJUATO 266
Tamaño de contenedor y sustrato en la producción de plántulas de café en vivero 271
TAXONOMÍA DE LOS SUELOS EN AREAS FUERA DE RESERVAS NATURALES DE CAMPECHE 276
BIOMASA MICROBIANA DE UN SUELO UTILIZANDO VERMICOMPOSTA 280
USO DE Sporobolus airoides Y Atriplex nummularia PARA REMOCIÓN DE METALES Y SALES EN SUELOS DEL DESIERTO CHIHUAHUENSE. 285
ESPECIACIÓN DE Pb EN SUELOS REGADOS CON AGUAS RESIDUALES, EN EL ESTADO DE HIDALGO. 290
EDAFOPAISAJES EN LA SIERRA GORDA DE GUANAJUATO 295
ANÁLISIS PRELIMINAR DE SUELOS ALEDAÑOS DE LA FÁBRICA TEXTIL MAYORAZGO PUEBLA 300
DIVISIÓN II: 304
APROVECHAMIENTO DEL RECURSO DEL SUELO 304
IMPACTO AMBIENTAL POR CADMIO Y PLOMO DERIVADO DE LA DINÁMICA DE CINCO USOS DE SUELO 305
CORRELACIONES ENTRE PESO PROMEDIO DE FRUTOS POR ARBOL Y MICRO-NUTRIMENTOS EN Malus domestica BORKH. VARIEDADES 'SMOOTHEE GOLDEN' Y 'STARKRIMSON' 310
EFECTO DE LA APLICACIÓN DIFERENTES DOSIS DE NITRÓGENO EN LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE Stevia rebaudiana 314
EFECTO DE LA APLICACIÓN DIFERENTES DOSIS DE FÓSFORO EN LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE Stevia rebaudiana 319
CALIDAD DEL AGUA PARA USO AGRÍCOLA DEL RÍO MOLOLOA 324
CHILE HABANERO (Capsicum chinense Jacq.) CULTIVADO EN SUSTRATO A BASE DE ARENA DE ARROYO BAJO MALLA SOMBRA 330
INFLUENCIA DE SALINIDAD Y SILICIO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA DE Moringa oleífera LAM. 335
DETECCIÓN DE ENFERMEDADES FÚNGICAS EN PINOS DE LA SIERRA NORTE DE PUEBLA 340
PARÁMETROS DE CALIDAD EN TRIGO (Triticum durum L.) PARA PRODUCCIÓN DE SEMILLA 345
EL STATUS NUTRIMENTAL DEL SUELO Y SU INFLUENCIA EN LA CONTAMINACIÓN POR AFLATOXINAS EN EL CULTIVO DE CACAHUATE (Arachis hypogaea L.) 350
ASIMILACIÓN DE NITRÓGENO EN PLÁNTULAS DE TOMATE ASPERJADAS CON ELICITORES ORGÁNICOS E INORGÁNICOS 355
DISTRIBUCION DE PLOMO, MERCURIO Y ARSENICO EN LA LAGUNA DE LA ZACATECANA, MUNICIPIO DE GUADALUPE, ZACATECAS 360
EFECTO DE SALINIDAD E IRRADIANCIA ENLA CINÉTICA DE CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE CLOROFILA EN Dunaliella sp., Tetraselmis sp., Y UNA CEPA NO IDENTIFICADA DENOMINADA 001 364
RENDIMIENTO Y CALIDAD DE TOMATE EN SISTEMAS HIDROPÓNICOS ABIERTO Y CERRADO 370
ARSÉNICO EN EL AGUA DE RIEGO EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE FRESA (Fragaria x ananassa Duch.) 375
CONTENIDO MINERAL EN PLÁNTULAS DE Moringa oleifera Lam. IRRIGADAS CON DEFICIENCIA DE N, P, K, Ca Y Mg. 381

INOCULACIÓN DE RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL EN EL CULTIVO DE TOMATE (Solanum lycopersicum L.) EN INVERNADERO 386
MICORRIZA EXPERIMENTAL LÍQUIDA PARA LA PRODUCCIÓN DE SORGO EN TEMPORAL 391
RESPUESTA DEL FRIJOL AL INCREMENTO EN LA CONCENTRACIÓN DE CO_2 396
NIVELES DE CADMIO, PLOMO Y COBRE EN ALFALFA (Medicago sativa) IRRIGADA CON AGUA RESIDUAL CRUDA, TRATADA Y MEZCLADA 401
EL SUELO COMO DEPURADOR NATURAL DE LAS AGUAS RESIDUALES DE UN INGENIO AZUCARERO 406
REMOCIÓN DE PLOMO POR CONSORCIO BACTERIANO AISLADO DE SUELO CONTAMINADO POR ACTIVIDAD MINERA EN EL ESTADO DE NUEVO LEÓN 411
EVALUACIÓN DEL EFECTO TÓXICO DE Zn Y Pb EN SEMILLAS DE CEMPASÚCHIL 416
ACTIVIDAD FOSFATASA EN Pseudomonas fluorescens AISLADAS DE SUELO RIZOSFÉRICO DE MAÍZ 421
LOS HONGOS MICORRÍCICOS ARBUSCULARES COMO UN INDICADOR BIOLÓGICO PARA EVALUAR EL ESTADO DEL CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO 426
EVALUACION DE ENZIMAS DE SUSTRATOS POST-COSECHA DE P. ostreatus PARA LA BIODEGRADACION DE DIESEL A NIVEL MICROCOSMO 430
BACTERIAS DEL SUELO ASOCIADAS A MAÍZ, BENÉFICAS PARA EL CONTROL DE HONGOS FITOPATÓGENOS 435
BACTERIAS HALÓFILAS EN LA GERMINACIÓN Y PROMOCIÓN DEL CRECIMIENTO DE Helianthus sp. EN SUELOS CONTAMINADOS CON DESECHOS DE CURTIDURÍA 440
RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y PIGMENTOS FOLIARES A LA EFECTIVIDAD DE VARIEDADES DE PIMIENTO MORRÓN INJERTADAS 446
COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE LA SOLUCIÓN DEL SUELO Y DEL EXTRACTO CELULAR DE PECIOLO EN ARÁNDANOS 451
EFICIENCIA DE FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN CONTROLADA EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTA FORESTAL EN VIVERO 457
TASAS DE LIBERACIÓN NUTRIMENTAL DE FERTILIZANTES DE ENTREGA CONTROLADA EN UN SUSTRATO ALTERNATIVO PARA VIVERO FORESTAL 462
EFECTO DEL FÓSFORO EXÓGENO EN EL PORCENTAJE DE COLONIZACIÓN MICORRÍZICA EN RAÍCES DE PLANTAS DE CHILE JALAPEÑO. 467
CALIDAD DE VERMICOMPOSTAS OBTENIDAS A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS DE LA REGIÓN DE LA CHONTALPA, TABASCO, MÉXICO 472
EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN POTÁSICA EN EL CULTIVO DE MELÓN 477
ESTIMACIÓN DE LA RECARGA HÍDRICA UTILIZANDO EL MÉTODO DE CURVAS NUMERICAS EN LA CUENCA DEL RÍO AYUQUILA, JALISCO, MEXICO 480
BACTERIAS PRODUCTORAS DE BIOSURFACTANTES AISLADAS DE SUELOS CONTAMINADOS CON PETRÓLEO 485
CRECIMIENTO DE CACAO CLONAL EN SAF CON LA APLICACIÓN DE INOCULANTES BACTERIANOS 490
INDICADORES FISIOLÓGICOS Y BIOQUÍMICOS EN RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE DOSIS DEFICIENTES Y TÓXICAS DE NITRÓGENO 495
DINÁMICA DE EMISIÓN DE CO_2 POR LA DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS DE CULTIVOS APLICADOS AL SUELO 500
CONTENIDO DE NITRÓGENO, CLOROFILA, biomasa y actividad nitrato reductasa en semillas de frijol BIOFORTIFICADO CON hierro y zinc 505
¿PORQUE NO HA SIDO POSIBLE PROBAR LA ESENCIALIDAD DEL BORO EN EL HOMBRE?: UNA HIPÓTESIS 511
BÚSQUEDA DE RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL QUE MODIFICAN LA FLORACIÓN EN ARABIDOPSIS 517
ROCA ZEOLÍTICA NATURAL COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA EL TRATAMIENTO AVANZADO DE AGUAS CON PRESENCIA DE COLORANTES 522
PERFIL DE COMPUESTOS VOLÁTILES EN FRAMBUESA 527
PRESENCIA DE CIANOBACTERIAS RELACIONADAS A LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO 533
EFECTO DE LA INOCULACIÓN DE CEPAS NATIVAS DE RIZOBIOS, PRODUCTORAS DE COMPUESTOS PROMOTORES DE CRECIMIENTO, EN LA CAPACIDAD DE NODULACIÓN Y CONTENIDO DE NITRÓGENO EN LA BIOMASA DE L. leucocephala 538

DISTRIBUCIÓN DE FRACCIÓN LÁBIL DE MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO EN MILPA INTERCALADA EN ÁRBOLES FRUTALES 544
CORRELACIONES ENTRE PESO PROMEDIO DE FRUTOS Y CARGA POR CLADODIO Y MICRO-NUTRIMENTOS EN Opuntia ficus-indica (L.) MILLER VARIEDAD 'ROJO PELÓN' 549
EFECTO DEL ACIDO SALICILICO EN LA CALIDAD NUTRICIONAL Y NUTRACEUTICA EN FRUTOS DE TOMATE BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO 553
PRODUCCIÓN DE MELÓN CHINO EN MICROTUNEL CON HULE SIN ALBEDO Y ACOLCHADO PLASTICO EN LA LAGUNA 557
EFECTO DE RIZOBACTERIAS ISLADAS DE SUELO EN LA ACUMULACIÓN DE PLOMO POR Helianthus annuus L. BAJO CONDICIONES IN VITRO 562
RIEGO SUPLEMENTARIO AHORRA AGUA Y MEJORA EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LA TUNA 'ROJA DALIA' .. 566
DIVISIÓN III: 571
Aprovechamiento del recurso suelo *571*
ELABORACIÓN DE BIOFERTILIZANTE A BASE DE Rhizobium spp. EN CAMPO ZACATECANO 572
INDUCCIÓN FLORAL EN GUAMÚCHIL Pithecellobium dulce (ROXB.) BENTH 577
LOS AGROSISTEMAS DE CONSERVACIÓN UTILIZANDO EL MULTIARADO EN EL CULTIVO DEL FRIJOL (Phaseolus vulgaris) VARIEDAD PINTO SALTILLO 581
AJUSTE EN LA DOSIS DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ Y TRIGO EN VERTISOLES CULTIVADOS CON PRÁCTICAS DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN 586
INCORPORACIÓN DE ABONOS VERDES Y MANEJO AGRONÓMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN DE CHILE ANCHO EN GUANAJUATO 590
EVALUACIÓN DE SUSTRATOS ALTERNATIVOS EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE LECHUGA (Lactuca sativa L.) 596
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO BAJO SISTEMA DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN, IRRIGADO CON AGUAS RESIDUALES 601
TIPO DE FERTILIZACIÓN Y EFECTO SOBRE LA SOLUCIÓN DEL SUELO Y LA BIOMASA DE TOMATE 606
ESTIÉRCOL BOVINO EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FIBRA DEL ALGODONERO EN EL VALLE DE JUÁREZ, CHIH. 611
RESPUESTA DEL TRIGO A LA FUENTE Y DOSIS DE NITRÓGENO EN UN SUELO ARCILLOSO DEL VALLE DEL YAQUI, SONORA. 617
RESPUESTA DEL TRIGO A LA FUENTE Y DOSIS DE FÓSFORO EN UN SUELO ARCILLOSO DEL VALLE DEL YAQUI, SONORA. 622
EFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS LÍQUIDOS EN EL SUELO, EN LA SOLUCIÓN DEL SUELO Y EN LAS HOJAS DE GUAYABO 627
IMPACTO DE BIOSOLIDOS EN SUELOS AGRICOLAS DEL VALLE DE JUAREZ, CHIHUAHUA 633
CARBONO ORGÁNICO EDÁFICO EN SISTEMAS AGROFORESTALES DE CACAO EN EL MUNICIPIO DE COMALCALCO, TABASCO (AVANCES) 638
Rizobacterias solubilizadoras de fósforos con actividad antagónica in vitro contra Colletotrichum. gloeosporioides 644
MEZCLA DE ABONOS ORGÁNICOS CON FERTILIZANTE INORGÁNICO EN LA DISPONIBILIDAD DE FÓSFORO 648
PRODUCCIÓN HORTÍCOLA ORGÁNICA EN OTUMBA, MÉXICO 653
ASIMILACIÓN DE ^{32}P POR LA PLANTA DE MAÍZ INOCULADA CON RIZOBACTERIAS AISLADAS DE TRES AGROSISTEMAS DE MAÍZ DE TEMPORAL DE MÉXICO 657
RESPUESTA DEL CULTIVO DE AVENA FORRAJERA A LA APLICACIÓN DE LIXIVIADO DE LOMBRICOMPOSTA 663
CALIDAD NUTRITIVA DEL MAÍZ FORRAJERO EN FUNCIÓN DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA E INORGÁNICA 668
FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN LA PRODUCCIÓN DE ALGODÓN EN UNA REGIÓN ÁRIDA DEL NORTE DE MÉXICO 674
EVALUACIÓN DE SUSTRATOS ALTERNATIVOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE HORTALIZAS 684
EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS CONSERVACIONISTAS CON CUENCAS INSTRUMENTADAS EN LA CUENCA DEL LAGO DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN 692

MINERALIZACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO DE MEZCLAS DE SUELO CON ACTIVIVDAD FLORÍCOLA Y COMPOSTA 698
EL PROCESO DE TRANSFORMAR MADERA A CARBÓN VEGETAL SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES EDÁFICAS 702
Evaluación del Cultivo de Trigo Bajo Criterio de Agricultura de Conservación en Quinta Fase. Valle de Mexicali, Baja California. México 706
RESPUESTA DEL CULTIVO DE ÁSTER A LA APLICACIÓN DE DIVERSAS FUENTES NUTRIMENTALES 711
La simulación mediante factores climáticos y edáficos en la producción de caña de azúcar (Saccharum officinarum) en el occidente de México 2010-2020, caso: valle de El Grullo-Autlán, Costa Sur de Jalisco 716
EVALUACION DEL LABOREO Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN MAÍZ DE RIEGO USANDO EL MODELO EPIC. 722
FERTILIZACIÓN NITROGENADA PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN LUVISOLES DE YUCATÁN 727
APLICACIÓN DE POTASIO PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN LUVISOLES DE YUCATÁN 732
EFICIENCIA EN EL USO DE NITRÓGENO POR EL CULTIVO DE BRÓCOLI, EN EL BAJÍO GUANAJUATENSE..... 736
CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA EN UN VERTISOL CULTIVADO CON MILPA INTERCALADA EN ARBOLES FRUTALES, EN LADERAS DE LOS TUXTLAS, VERACRUZ 741
DIVISIÓN IV: 748
Educación y asistencia técnica 748
NEUTRALIZAR LA DEGRADACIÓN DE LA TIERRA. OPORTUNIDADES Y RETOS PARA MÉXICO 749
DECAIMIENTO DE LA EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN 755
DISEÑO DE UN PROCEDIMIENTO DE VALIDACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO TOTAL. 760
La presencia del arte en la protección del suelo 766
SISTEMA DE GESTIÓN Y CONTROL DE UN INVERNADERO AUTOMATIZADO CON ARDUINO 768

Conferencias Magistrales

SUELO, AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN. APROVECHANDO LAS OPORTUNIDADES

Urquiaga, S.[1]; Reis-Martins, M.[1]; Guareschi, R.[1]; Alves, B.J.A.[1]; Jantalia, C.[1]; Boddey R.M[1].

[1]Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA-Agrobiología. Cx. Postal 74.505, CEP 23.851-970, Seropédica, RJ, Brasil. Telf. ++55-21-2682 1535. Fax ++55-21-2682 1230
E-mail: segundo.urquiaga@embrapa.br

Introducción

El suelo, junto con el agua, es uno de los recursos naturales que más ha influido para el desarrollo de la humanidad. Existe una diversidad suelos, y de todos ellos se destaca que la característica de la fertilidad natural está más estrechamente relacionada con la capacidad potencial natural de producción de alimentos. Hasta hoy en día todavía se puede decir que, en gran parte, el desarrollo de los pueblos está directamente relacionado con el grado de riqueza de sus suelos y con la disponibilidad de agua. En general, no existen pueblos desarrollados en suelos pobres, pero tampoco podemos quedarnos aceptando esta generalidad, pues para eso está la tecnología que viene permitiendo no apenas optimizar los factores más favorables, como también controlar el impacto negativo de los factores limitantes. Un buen ejemplo de ello son los suelos del Cerrado brasileño que, a pesar de ser muy ácidos y pobres en nutrientes, con adecuado manejo constituyen hoy en día, la más importante frontera agrícola del mundo.

Con el crecimiento de la población mundial también se aumentó la superficie cultivada, avanzando para las zonas con suelos cada vez más pobres, aumentó la deforestación y la degradación de los suelos (erosión, acidificación, mal drenaje, salinidad, desertificación, entre otros) que afectan al medio ambiente. El Panel Intergubernamental de Cambio Climático considera que la agricultura viene contribuyendo con más de 20% para el cambio climático global (Moomaw, 2001), fenómeno que a su vez trae daños y pérdidas de la producción agrícola. En este sentido, esfuerzos intensos se vienen realizando visando el desarrollo de técnicas que permitan no sólo una agricultura sostenible, sino que contribuya también para mitigar el efecto invernadero

En esta oportunidad se hará un análisis sobre los principales factores relacionados con la producción de alimentos, sus perspectivas futuras dentro del concepto de sostenibilidad, teniendo como base los suelos de América latina. Especial énfasis será dado al balance de nutrientes en la agricultura regional, a la contribución de la biología del suelo y a los sistemas de manejo más promisores, siempre visando la conservación y protección del medio ambiente.

El suelo y la producción de alimentos

Siendo el suelo uno de los principales factores relacionados con la producción de alimentos, la importancia de su extensión, o su disponibilidad de área, solamente podrá ser adecuadamente comprendida llevándose en consideración la demanda de alimentos para atender el crecimiento poblacional de las diferentes regiones, y del mundo como un todo.

En los últimos siglos la población del planeta ha pasado por cambios significativos. En los últimos dos siglos, la población del mundo aumentó de aproximadamente 1 para más de 7 mil millones de habitantes. En la actualidad, se considera que alrededor de 800 millones de habitantes, equivalente a 11% de la población mundial, sufren de malnutrición, la mayoría en Asia y África. Mas, la región del Sub-Sahara es donde el hambre prevalece encima de 30% de la población, problema que

se está acentuando con el cambio climático que afecta la actividad agrícola (FAO, 2014; Serdeczny et al., 2016).

Uno de los factores que también afecta la seguridad alimentaria, y que está un poco externo al factor suelo, es la pobreza. Esto explicaría por qué justamente la población que tiene más contacto con el suelo o agricultura sea la que más sufra por hambre. Cerca de 50% da población del mundo con hambre se encuentra entre las familias de los pequeños agricultores, 20% en los sin tierra, 10% pastores, pescadores y habitantes de las florestas, y 20% es urbana. De todos ellos, 75% se encuentran en África (Urquiaga et al., 2005;).

La importancia de las causas del hambre varía entre regiones. Por un lado, los bajos rendimientos agrícolas parecen ser la causa principal en África tropical y en áreas remotas de Asia, América Latina y Caribe, y, por otro lado, la pobreza y desempleo son las principales causas en la mayoría del Sur y Sudeste de Asia, América Latina, Asia Central y Oriente medio.

Existe el consenso de que la investigación agrícola es el mejor camino para reducir el hambre en el mundo, y los avances tecnológicos así lo están demostrando.

Los suelos agrícolas: presente y futuro

A seguir se hace un diagnóstico sobre la disponibilidad de tierras agrícolas, así como sobre los factores principales que afectan su capacidad productiva. Por su extensión, los principales suelos del mundo (Taxonomía de suelos) son los Aridisols, Inceptisols, Alfisols, Entisols, Oxisols y Ultisols, los cuales suman 81% de la superficie continental terrestre (Lal, 1997). Los suelos agrícolamente más productivos y de alta fertilidad son los Inceptisols, Entisols, Mollisols, Histosols y Andisols que constituyen 33% de los suelos del mundo, los cuales están localizados justamente en las regiones templadas, en las áreas de dominio de los países desarrollados. En las regiones tropicales, donde está localizada la mayoría de los países emergentes, los suelos son generalmente pobres como los Oxisols, Ultisols y Andisols. Es importante destacar que son justamente los suelos más pobres los que actualmente vienen alimentando más de 80% de la población del mundo. Por eso, el desafío mayor está en el desarrollo tecnológico para el establecimiento de una agricultura productiva y sostenible, en equilibrio con el medio ambiente.

Hasta hace apenas 50 años atrás, para atender la creciente demanda por alimentos agrícolas del mundo, dos grandes estrategias fueron aplicadas: la expansión de la frontera agrícola y la tecnificación, esta última basada en el mejoramiento genético de los cultivos y en la aplicación de fertilizantes para cubrir las deficiencias nutricionales, tecnología desarrollada en México, en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo-CIMMYT, conocida como "Revolución verde", que salvó de la muerte por hambre de más de 50 millones de personas en el mundo, especialmente en Asia (Borlaug & Dowswell, 1994). En lo que respecta a la expansión agrícola, se debe mencionar que el área actualmente cultivada en el mundo equivale a aproximadamente un décimo de toda la superficie continental terrestre (1396 Mha), lo cual no significa que todavía se disponga de mucha tierra para ser incorporada a la agricultura. Lo que resta de suelos para ser incorporadas a la agricultura son aquellos cada vez más pobres destacándose suelos de las regiones del Sub-Sahara y de América del Sur.

Frente a la limitación de la disponibilidad de suelos fértiles, fue necesario recorrer a la intensificación de la agricultura. En los países emergentes, la intensificación de la agricultura se centró en la "Revolución verde", que comenzó al inicio de los años 60 con la obtención y

diseminación de variedades de cereales de altos rendimientos, que respondían significativamente a la aplicación de fertilizantes (Matson et al., 1997). Gracias a la Revolución verde fue posible eliminar el hambre en numerosas poblaciones del Sur y Este de Asia, que rápidamente pasaron a ser auto-suficientes en su alimentación básica (Borlaug & Dowswell, 1994). Con la Revolución Verde, el significativo incremento en la producción mundial de alimentos agrícolas desde los años 60 fue acompañado por el consumo marcado de N-fertilizante, que pasó de 10 Tg en 1960 para más de 111 Tg en 2016 (IFA, 2016).

Al final de los años 60, cuando se consideraba que la frontera agrícola del mundo había llegado prácticamente a su fin, como mencionado anteriormente, en América del Sur se descubre, gracias a la tecnología de la Revolución verde, que más de 200 Mha de los suelos del Bioma Cerrados, localizados en la parte central del país, en su mayoría Ultisols y Oxisols comenzaron a ser incorporados a la agricultura, expandiéndose así la frontera agrícola del mundo. Todo esto demuestra que la fertilidad natural de los suelos no es más esencial para el desarrollo agrícola y si la tecnología de manejo de suelos. Con esta tecnología, Brasil pasó de ser un fuerte importador de alimentos hasta los años 80 para ser actualmente un gran exportador de granos y cereales. Actualmente, en 56 Mha produce anualmente alrededor de 200 millones de toneladas de granos y cereales, empleando 3.7, 4.7 y 5.4 millones de toneladas de N, P_2O_5 y K_2O. Llama la atención el bajo consumo de N-fertilizante para tan alta producción de granos, debido fundamentalmente a la contribución de la fijación biológica de nitrógeno (FBN), especialmente en el cultivo de soja, donde en 32 Mha la producción de este grano (96 Mt) depende del uso de inoculantes (38 millones de dosis). Argentina, un país con una población de 43 Mhab. y un área productora de granos y cereales de 30 Mha produce anualmente más de 102 Mt de granos y cereales, continuando ser un tradicional gran productor de alimentos del mundo. En el caso de México, el tercer mayor productor Latinoamericano anual de alimentos (37 Mt granos y cereales), posee una media de producción *per cápita* de 800 gramos por habitante por día, 50% de la media regional, pero encima de los 500 gramos diarios de granos y cereales necesarios para garantizar su seguridad alimentaria. Se debe destacar que en algunos países de la región (Chile, Colombia, Perú y Venezuela, entre otros) los bajos valores de producción *per cápita*, menores que 500 gramos por habitante por día, no representa necesariamente pobreza alimentaria, pues en muchos casos el alimento básico esta complementado con papa y otros alimentos agrícolas (Urquiaga et al., 2016).

Por otro lado, considerando el balance de nutrientes (NPK) del sistema suelo-planta, considerando el ingreso de NPK con los fertilizantes y las salidas con los productos cosechados, de los tres países más productores de granos y cereales de América Latina, que justamente son los más usan fertilizantes, se encuentra que los valores más negativos se presentan en Argentina, para los tres nutrientes, seguido por Brasil para NK y por último México, con pequeñas deficiencias en potasio. En el caso de Argentina, los altos valores de extracción de nutrientes del suelo (1.5, 0.17 y 1.2 Mt anuales de NPK, respectivamente) obedece a la riqueza de los suelos, básicamente Molisoles, donde por centenas de años el suelo es la principal fuente de nutrientes de la agricultura, y la pregunta que uno se hace es hasta cuando el suelo resistirá?. En el resto de los países de A. Latina, donde el uso de fertilizantes es todavía limitado, todo indica que la agricultura todavía esté basada en la explotación de la fertilidad natural de los suelos, situación muy preocupante, pues se coloca en riesgo la seguridad alimentaria de las futuras generaciones. Es oportuno mencionar aquí que en el caso de Brasil, que en lo que respecto l nitrógeno, la principal fuente de N en la agricultura es la FBN, contribuyendo con 76% de la demanda de N de los cultivos, seguido por los fertilizantes (18%) y el propio suelo (6%). En Brasil el desbalance de alrededor de 600.000 toneladas de N se debe al cultivo de maíz, que estando en gran parte en la agricultura familiar, el uso de N-fertilizante es mínimo (Urquiaga et al., 2014).

Al mismo tiempo en que aumenta la intensificación de la agricultura y uso del suelo también crece la preocupación con el cambio climático global.

Desarrollo agrícola y medio ambiente: mitigación del efecto invernadero

La expansión de las tierras agrícolas es ampliamente reconocida como una de las significativas alteraciones humanas del ambiente terrestre. Como es conocido, tanto la deforestación como la agricultura extensiva, que predominan en los países emergentes han sido consideradas como las principales causas de la degradación de los suelos y la degradación ambiental de significativas extensiones de tierra del planeta. Destacándose la práctica de explotar los nutrientes del suelo con nula o mínima reposición a través de la fertilización y sin el manejo apropiado, como sería con la rotación de cultivos. En la mayoría de los países más pobres emergentes, los productos agrícolas son producidos a expensas del empobrecimiento (degradación) de los suelos.

La pérdida de la materia orgánica del suelo (MOS), que resulta en el aumento de las emisiones de CO_2 y otros gases de efecto invernadero (GEI) para la atmósfera, debido a la conversión de ecosistemas naturales para la agricultura permanente, es uno de los principales temas intensamente estudiados hoy en día (Braz et al., 2013). En las zonas agrícolas templadas la pérdida de la MOS de la capa arable fue rápida en los primeros 25 años, con pérdidas de 50% del C original (Matson et al. 1997). En los trópicos tales pérdidas podrían ocurrir en 5 años, caso las áreas de floresta nativa fuesen substituidas por el cultivo anual de soja bajo agricultura convencional (Silva et al, 1994).

Actualmente el suelo es visto como un medio que podría contribuir para mitigar las emisiones de CO_2 para la atmosfera, pero esto demanda un adecuado conocimiento del suelo y de los sistemas de producción. Los estudios recientes confirman que en el suelo es posible aumentar el contenido de C orgánico, constituyendo el humus, y mitigar el efecto invernadero, especialmente bajo labranza cero, sólo si el suelo presenta un balance positivo de N, desde que el humus presenta una relación C/N estable de alrededor de 11, independiente del tipo de suelo (Kirkby et al., 2011). Para esto la rotación de cultivos con leguminosas, especialmente los abonos verdes ofrecen las mejores perspectivas, lo mismo se observa en los sistemas pecuarios, especialmente la integración agricultura-pecuaria, donde la rotación de cultivos anuales con las pasturas asociadas de gramíneas con leguminosas ofrece también las mejores perspectivas (Studdert et al., 1997; Urquiaga et al., 2004; Urquiaga et al., 2005; Boddey et al., 2010).

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos al Consejo Nacional de Ciencia y tecnología (CNPq) por la Beca concedida. También se agradece a la Fundación de Apoyo a la Investigación en el Estado de Rio de Janeiro (FAPERJ) y a la Agencia Internacional de Energía Atómica por la ayuda recibida para el desarrollo de varias de las investigaciones mencionadas en este trabajo.

Referencias

Boddey, R.M.; Jantalia, C.P.; Conceicão, P.C.; Zanatta, J.A.; Bayer, C.; Mielniczuk, J.; Dieckow, J.; Santos, H.P.D.; Denardin, J.E.; Aita, C.; Giacomini, S.J.; Alves, B.J.R.; Urquiaga, S. Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero-till subtropical agriculture. Global Change Biology, 16:784–795, 2010.

Borlaug, N.E.; Dowswell, C.R. Feeding a human population that increasingly crowds a fragil planet, in World Congress of Soil Science, 15., 1994, Acapulco, México. Keynote lecture. Acapulco: International Society of Soil Science. p 1–15, 1994.

Braz, S.P.; Urquiaga, S.; Alves, B.J.R.; Jantalia, C.P.; Guimarães, A.P.; Santos, C.A.; Pinheiro, E.F.M.; Boddey, R.M. Soil carbon stocks under productive and degraded brachiaria pastures in the Brazilian Cerrado. Soil Science Society of America Journal, 77:914–928, 2013.

FAO – Food and Agricultural Organization of the United Nations. The state of food insecurity in the world: Strengthening the enabling environment for food security and nutrition. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 2014.

IFA – International Fertilizer Industry Association. IFADATA: IFA Statistical Databases. http://www.fertilizer.org/statistics. Accessed Sep 21, 2016

Kirkby, C.A.; Kirkegaard, J.A.; Richardson, A.E.; Wade, L.J.; Blanchard, C.; Batten, G. Stable soil organic matter: a comparison of C: N: P: S ratios in Australian and other world soils. Geoderma, 163:197–208, 2011.

Lal, R. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO_2-enrichment. Soil and Tillage Research, 43:81–107, 1997.

Matson, P.A.; Parton, W.J.; Power, A.G.; Swift, M.J. Agricultural intensification and ecosystem properties. Science, 277:504–509, 1997.

Moomaw W.R.; Moreira, J.R.; Blok, K.; Greene, D.L.; Gregory, K.; Jaszay, T.; Kashiwagi, T.; Levine, M.; McFarland, M.; Siva Prasad, N.; Price, L.; Rogner, H.-H.; Sims, R.; Zhou, F.; Zhou, P.. Climate Change 2001 – Mitigation: Contribution of Working group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK, p.167–277. 2001.

Serdeczny, O.; Adams, S.; Baarsch, F.; Coumou, D.; Robinson, A.; Hare, W.; Schaeffer, M.; Perrette, M.; Reinhardt, J. Climate change impacts in Sub-Saharan Africa: from physical changes to their social repercussions. Regional Environmental Change, 1:1-16, 2016.

Silva, J.E.D.; Lemainski, J.; Resck, D.V.S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de Cerrado do Oeste Baiano. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 18:541-547, 1994.

Studdert, G.A.; Echeverría, H.E.; Casanovas, E.M. Crop pasture rotation for sustaining the quality and productivity of a Typic Argiudoll. Soil Science Society of America Journal, 61:1466–1472, 1997.

Urquiaga, S.; Guareschi, R.; Martins, M.R.; Jantalia, C.P.; Alves, B.J.R.; Boddey, R.M. Balance de nutrientes en la agricultura latinoamericana. En preparación, 2016.

Urquiaga, S.; Jantalia, C.P.J.; Alves, B.J.R.; Boddey, R.M. Importancia da FBN no secuestro de carbono no solo y en la sustentabilidad agrícola. In: Azconegui, M.A.M.; García de Salamone, I.E.; Miyazaki, S.S. Biología del Suelo: Transformaciones de la materia orgánica, usos y biodiversidad de los organismos edáficos. Buenos Aires: Editorial Facultad Agronomía, p.1–11. 2004.

Urquiaga, S.; Alves B.J.R.; Reis, V.M.; Jantalia, C.P.; Xavier, G.R.; Zilli, J.E.; Martins, M.R.; Baldani, J.I.; Boddey, R.M. Balanço de N na produção de grãos e cana-de-açúcar na agricultura brasileira: Impacto da fixação biológica de N2. In: FERTBIO, 2014, Araxá. Anais... Araxá: SBCS, 2014. CD-ROM.

Urquiaga, S; Jantalia, C; Luzio, W.; Alves, B.J.R.; Boddey, R.M. El Horizonte del suelo. Revista Ciencia del Suelo y Nutricion Vegetal, 5: 46–60, 2005.

LA IMPLEMENTACIÓN DE PRACTICAS DE CONSERVACIÓN PARA LA ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA EN EL SIGLO XXI

Delgado, J.A.[1*]; Cueto-Wong J.A[2]; Figueroa-Viramontes, U.[2]; Peña-Cabriales J.J.[3]

[1*]Acting Research Leader USDA-ARS. Soil Management and Sugar Beet Research Unit Fort Collins, Colorado, USA. jorge.delgado@ars.usda.gov
[2]CIRNOC – INIFAP, Campo Experimental La Laguna.
[3]Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Unidad Irapuato. Departamento de Biotecnología y Bioquímica. Laboratorio de Microbiología Ambiental. Irapuato, Guanajuato, México.

Resumen

La literatura científica indica que el cambio climático tendrá un impacto en el clima de América del Norte, con pronósticos para un clima más seco y cálido en el sureste de los Estados Unidos y noroeste de México. Las áreas de México que se proyectan a ser impactadas incluyen importantes zonas de producción de grano del país, además, varios de los acuíferos clave de México están siendo afectados con tasas de extracción más altas que las tasas de recarga. La literatura científica también reporta proyecciones de los cambios en la intensidad de la lluvia y del aumento de las tormentas que afectarán algunas zonas de México. Estos cambios crearan retos para la conservación de la calidad del suelo y el agua, además de reducir la productividad del suelo.

Con el crecimiento de la población en curso y la necesidad de aumentar significativamente la producción agrícola por unidad de área durante el siglo XXI, se prevé que los efectos del cambio climático en México se traducirán en una presión adicional sobre los recursos edáficos. En este sentido, sociedades científicas como la Sociedad de Conservación de Suelo y Agua (SWCS por sus siglas en inglés) y la Asociación Mundial de la Conservación de Suelos y Agua (WASWAC por sus siglas en inglés) informan que la aplicación de las prácticas adecuadas de conservación del suelo y agua serán clave para el futuro de la humanidad. Tanto la SWCS como la WASWAC han destacado la importancia de los recursos del suelo y agua para la seguridad alimentaria y han recomendado la implementación de los principios de conservación de suelos y agua para la adaptación y mitigación del cambio climático propuestos por Delgado y Col., 2011. Otras organizaciones, como la Organización Internacional para la Conservación del Suelo (CIUO) y la Sociedad Europea de Conservación del Suelo (ESSC) han publicado la importancia de estos principios para adaptar su clima cambiante.

En la presente plenaria se presentarán las conclusiones y los principios establecidos por Delgado y Col. 2011 los cuales pueden ser utilizados como referencia por la Sociedad Mexicana de Ciencia del Suelo (SMCS) para desarrollar una declaración sobre la necesidad urgente de la aplicación de prácticas de conservación para la adaptación al cambio climático y aumentar el potencial de lograr la seguridad alimentaria en el siglo XXI. Este documento, cubrirá los principios de conservación de suelos y agua para la adaptación y mitigación al cambio climático, y las declaraciones de posición de la SWCS y WASWAC que apoyan la conclusión de que sin la implementación de buenas prácticas de conservación de suelo y agua así como prácticas para adaptación y mitigación del cambio climático, la seguridad alimentaria en México para el siglo XXI estará en peligro, ya que la sustentabilidad de los recursos del suelo y agua serán la clave para aumentar la creciente demanda de recursos. Lo siguientes principios son clave para el desarrollo de las prácticas y las políticas de conservación de suelo y agua para la adaptación y mitigación al cambio climático. Estos principios fundamentales están relacionados con la comunicación, las prácticas de conservación, y el desarrollo de la ciencia y nuevas tecnologías.

Tenemos que desarrollar una comunicación que conecte la ciencia con los agricultores y con la sociedad en general. También tenemos que concientizar sobre el valor del carbono en el suelo, así como llevar a cabo estudios a largo plazo para evaluar los efectos de las prácticas de conservación en la sustentabilidad. Profesionales de la conservación necesitan formación continua y foros donde estas prácticas puedan presentarse y donde pueda haber un intercambio de información entre científicos y profesionistas.

Existe también la necesidad de reducir la erosión del suelo, así como mejorar las funciones del suelo con el carbono orgánico presente en el mismo. Prácticas de conservación *in* y *ex situ* son necesarias para reducir los impactos ambientales. También existe una necesidad de conectar las prácticas de conservación aplicadas a nivel de campo con aquellas prácticas de conservación aplicadas fuera de campo. La promoción de prácticas de eficiencia energética que incrementen el uso eficiente del agua y que utilicen tecnologías de precisión contribuirán a incrementar la eficacia de las prácticas de conservación, además de aumentar el potencial de mitigación del cambio climático. También se requiere incrementar los ciclos de nutrientes y reducir la emisión de gases de efecto invernadero. La investigación científica será la clave para lograr estos objetivos. Tendremos que aplicar los principios antes mencionados con el fin de desarrollar sistemas sostenibles que puedan ser capaces de adaptarse y mitigar el cambio climático.

La SMCS está en posición de hacer una declaración sobre las prácticas de conservación para la adaptación y mitigación al cambio climático, igualmente de proponer una declaración conjunta sobre este tema a la Sociedad Latinoamericana de la Ciencia del Suelo en su reunión anual de 2016, similar a lo que se hizo por la SWCS y la WASWAC. Las organizaciones profesionales privadas y de gobierno, son la clave para la transferencia de tecnología con el objetivo de promover y aumentar el uso de prácticas de conservación para la adaptación y mitigación del cambio climático. Estos esfuerzos de transferencia de tecnología de conservación del suelo y agua contribuirán a mejorar la adaptación al cambio climático y la seguridad alimentaria durante el siglo XXI.

Referencias:

Delgado, J. A., Groffman, P. M., Nearing, M. A., Goddard, T., Reicosky, D., Lal, R., Kitchen, N. R., Rice, C. W., Towery, D., & Salon, P. (2011). Conservation practices to mitigate and adapt to climate change. *Journal of Soil and Water Conservation*, 66(4), 118A-129A.

Delgado, J. A., Nearing, M. A., & Rice, C. W. (2013). Conservation practices for climate change adaptation. *Advances in Agronomy*, 121, 47-115.

Soil and Water Conservation Society (2003). *Conservation implications of climate change: soil erosion and runoff from cropland.* A report from the Soil and Water Conservation Society. Ankeny, IA: Soil and Water Conservation Society.

Soil and Water Conservation Society (2007). *Planning for extremes.* A report from a Soil and

Water Conservation Society workshop held in Milwaukee, Wisconsin, November 1–3, 2006. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA.

SWCS 2011. Position Statement on Climate Change and Soil and Water Conservation 2011http://www.swcs.org/documents/filelibrary/climate/SWCS_Climate_Position_Statement_751_46C025478C4CA.pdf. Adopted by the SWCS Board of Directors on July 7, Ankeny Iowa

Walthall, C. L., Hatfield, J. Backlund, P., Lengnick, L., Marshall, E., Walsh, M., Adkins, S., Aillery, M., Ainsworth, E. A., Ammann, C., Anderson, C. J., Bartomeus, I., Baumgard, L. H., Booker, F., Bradley, B., Blumenthal, D. M., Bunce, J., Burkey, K., Dabney, S. M., Delgado, J. A., Dukes, J., Funk, A., Garrett, K., Glenn, M., Grantz, D. A., Goodrich, D., Hu, S., Izaurralde, R. C., Jones, R. A. C., Kim, S. H., Leaky, A. D. B., Lewers, K., Mader, T. L., McClung, A., Morgan, J., Muth, D. J., Nearing, M., Oosterhuis, D. M., Ort, D., Parmesan, C., Pettigrew, W. T., Polley, W., Rader, R., Rice, C., Rivington, M., Rosskopf, E., Salas, W. A., Sollenberger, L. E., Srygley, R., Stöckle, C., Takle, E. S., Timlin, D., White, J. W., Winfree, R., Wright-Morton, L., & Ziska, L. H. (2012). *Climate change and agriculture in the United States: Effects and adaptation.* USDA Technical Bulletin 1935. Washington, DC: USDA-ARS.

LA BIOFUMIGACIÓN, UNA ESTRATEGIA DESINFECTAR DE PATÓGENOS EL SUELO Y MEJORAR RADICALMENTE SU FERTILIDAD

Castellanos-Ramos, J.Z.[1,2]; Godoy, H.[2]

[1*, 2]Instituto Tecnológico de Roque *Autor de contacto: Javier.castellanos.ramos@gmail.com
[2] Inifap, Campo Experimental Bajío

RESUMEN

La biofumigación es la acción combinada de la aplicación de un material orgánico de desecho y de la solarización cuya acción conjunta provoca el proceso de calentamiento del suelo mediante la energía solar, el cual ha sido humedecido previamente y cubierto con una lámina de polietileno transparente, el resultado es el agotamiento de las reservas de oxígeno en el suelo y de las altas temperaturas, que provocan la drástica reducción de la población de microorganismos fitopatógenos, tales como hongos, bacterias y virus así como semillas de malezas. Por otro lado, también se provoca la rápida descomposición del material orgánico agregado, debido a la acción de la microflora termofílica. Este proceso permite la desinfección del suelo en condiciones de inocuidad bajo costo del tratamiento sin daño al medio ambiente y provocando como resultado el mejoramiento inmediato de las propiedades físicas del suelo y de su fertilidad, así como también en la reducción de costos en el uso de fertilizantes y generalmente es acompañado de un incremento en los rendimientos del cultivo

Esta práctica normalmente se lleva a cabo en el interior de invernaderos debido a que esto permite una generación de mayor calor dado el fenómeno de invernadero tanto de la instalación externa, como del plástico que cubre el suelo. En la figura 1 del lado izquierdo, se observa el momento en que se

Fig. 1 Aplicación de broccoli y estiércol en un invernadero para iniciar el proceso de

están incorporando residuos de cultivo de brócoli y del lado derecho, la mezcla de residuo de cultivo y estiércol fresco.

Las dosis que regularmente se manejan van de 40 a 50 toneladas de estiércol por hectárea o bien una mezcla de estiércol más residuos de cultivo tales como residuos de brócoli, maíz, tomate o bien mezclas de gallinaza con estos mismos residuos de cultivo. También se ha experimentado solamente

con residuos de cultivo tales como rastrojo de maíz siempre y cuando se agregue suficiente nitrógeno al residuo de cultivo hasta reducir la relación carbono nitrógeno a un nivel de 16. Esta tecnología fue introducida a México, por INTAGRI y la Universidad de Almería, en el año de 2006, para cultivos de invernadero y se ha extendido su uso prácticamente en todas las regiones hortícolas bajo invernadero.

Es posible que esta técnica también rinda buenos resultados aún fuera de invernaderos, puesto que el fenómeno de solarización se ha reportado como efectivo y al mezclarlo con un desecho orgánico es de esperar que genere aún mejores resultados. En la figura 2 se presenta un suelo bajo invernadero

Figura 2

que ha sido cubierto con plástico y el cual ha sido irrigado hasta humedecerlo completamente para iniciar el proceso de biofumigación.

Este periodo normalmente dura de 4 a 6 semanas, al incrementarse la temperatura del aire del invernadero a más de 50 o 60°C la temperatura del suelo puede llegar hasta 70°C, lo que conjuntamente con el agotamiento de la reserva de oxigeno provoca un efecto de desinfección de los patógenos de suelo. En virtud del vacío biológico que queda en el suelo es recomendable la inoculación con hongos y bacterias benéficas tales como micorrizas que ayudan al repoblamiento de la microflora benéfica para prevenir el ataque de microorganismos fitopatógenos.

La biofumigación es una tecnología que provoca la mejora radical de la fertilidad del suelo y de sus propiedades físicas pues aporta nutrientes como nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio y micronutrientes y por otro lado mejora la velocidad en filtración de suelo provocando mejores condiciones para el crecimiento de la raíz. Se ha estimado que considerando todos los conceptos relacionados con este proceso el costo total de biofumigar una hectárea de invernadero oscila entre 40 y 50 mil pesos lo que está muy por debajo de fumigar con bromuro de metilo además este último no ofrece las garantías de lograr la erradicación de un patógeno tan agresivo como *Clavibacter michiganensis* causante de cáncer bacteriano en el tomate y de que este químico ya está prohibido su

uso a nivel mundial, por los daños a la capa de ozono. En cuanto al incremento de temperatura en la figura 3 se presenta la manera en que se incrementa la temperatura a lo largo del ciclo del proceso.

Día Juliano en el periodo 5 de mayo al 11 de junio.

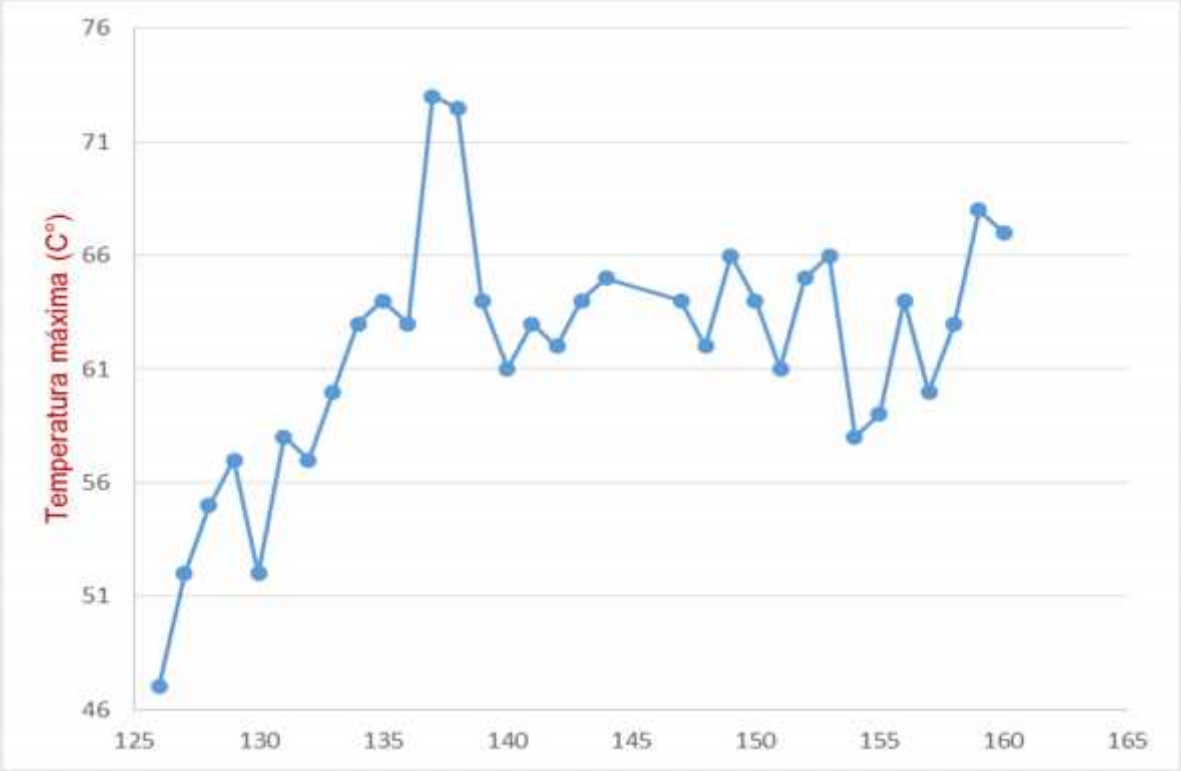


Figura 3. Temperaturas máximas promedio de tratamiento de solarización en suelo con varias dosis de estiércol y brócoli, medida a 20cm de profundidad.

En la figura 4 se presenta el contenido de la materia orgánica del suelo con diversos tratamientos de materia orgánica, donde claramente se observa la mejora de este en cuanto al nivel de materia orgánica en que se incrementa el suelo.

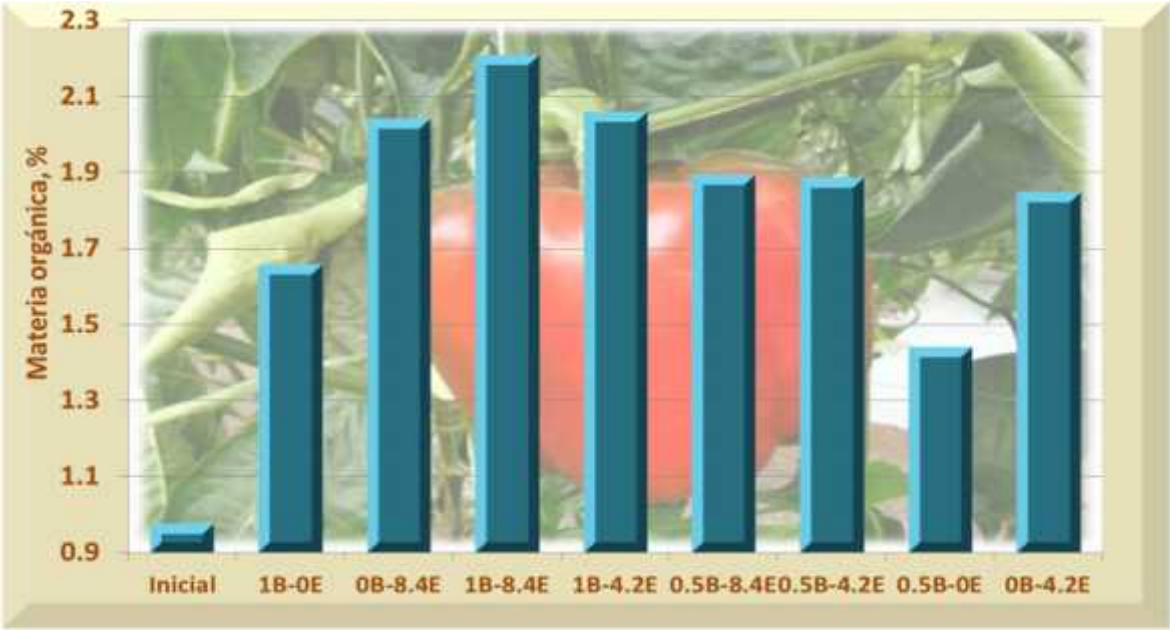


Figura 4. Efecto de la aplicación de estiércol (E) y residuo de Brócoli (B) en kg m^{-2}, sobre el contenido de materia orgánica del suelo.

Es importante tener en cuenta estos incrementos en las condiciones de fertilidad del suelo los cuales al no ser considerados generan cultivos con exceso de crecimiento. Es importante aclarar que este proceso resulta inocuo para el humano debido a que la presencia de cualquier coliforme o salmonela o de cualquier factor patógeno humano, automáticamente es eliminado dada la alta temperatura por un periodo prolongado, esto la convierte en una tecnología que puede ser perfectamente adoptada para el sistema de agricultura orgánica.

BIBLIOGRAFÍA

Warmington, R. and J. P. Clarkson. 2016. Volatiles from biofumigant plants have a direct effect on carpogenic germination of sclerotia and mycelial growth of *Sclerotinia sclerotiorum.* Plant and Soil. 401:213–22.

Baptista M.J.; Souza Rb; Pereira W; Lopes Ca; Carrijo Oa. 2006. Efeito da solarização e biofumigação na incidência da murcha bacteriana em tomateiro no campo. Horticultura Brasileira 24: 161-165.

Baptista, M.J; Souza R.B; Pereira W; Carrijo Ao; Vidal Mc; Charchar Jm. 2006. Solarização do solo e biofumigação no cultivo protegido de tomate. Horticultura Brasileira, 24: 47-52.

Perniola, Omar Salvador; Sebastián Staltari; Silvia Elena Chorzempa; María del Carmen Molina (2012) Biofumigación con Brassicáceas: actividad supresora sobre Fusarium graminearum.1Rev. Fac. Agron. La Plata. Vol 111 (1): 48-53.

Iriarte, L.E.2; Sosa, M.C.1; Reybet, G.E.1. 2011. Efecto de la biofumigación con repollo sobre el control de *Fusarium oxysporum* en suelo. RIA, 37:231-237.

M. Chamorro a, L. Miranda a, P. Domínguez a, J.J. Medina a, C. Soria b, F. Romero a, J.M. Lopez Aranda b, B. De los Santos a, 2015. Evaluation of biosolarization for the control of charcoal rot disease *(Macrophomina phaseolina)* in strawberry. Crop Protection. 67:279-286.

LA CIENCIA DEL SUELO EN LA ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Valdés Ramírez, M.

Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN, Campus Lázaro Cárdenas, Departamento de Microbiología, Laboratorio de Microbiología Agrícola.

Correo: mvaldesr@ipn.mx

El desarrollo de la Microbiología Agrícola en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB) del Instituto Politécnico Nacional ha sido uno de los vértices fundamentales del desarrollo de la Ciencia del Suelo en México. Ya en el año 1943 los investigadores de la ENCB publicaron artículos científicos con reconocimiento internacional sobre microorganismos del suelo.

El iniciador de la Microbiología del Suelo en la ENCB fue el Doctor Alfredo Sánchez Marroquín (1910-2000). Su pupilo, el Dr. Carlos Casas Campillo (1916-1994), continuó exitosamente su obra; fue Representante de América Latina en el Panel Internacional de Microbiología Aplicada de UNEP-UNESCO-ICRO, entre muchas otras distinciones. La Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería ha instituido el "Premio A. Sánchez Marroquín" y el "Premio Carlos Casas Campillo" para honrar sus memorias.

Igualmente, egresado de la ENCB fue el Maestro Alfredo Echegaray Alemán (1922-2003) quien en 1964 fue el fundador y catedrático del área de Microbiología del Suelo del Colegio de Postgraduados.

Otro destacado Químico Bacteriólogo y Parasitólogo de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, fue el Maestro Nicolás Aguilera (1920-1996). El Maestro fue el primer presidente, de 1959 a 1965, de la Rama de Suelos del Colegio de Postgraduados; también participó en la creación del Departamento de Suelos de la Escuela Nacional de Agricultura. El QBP Aguilera fundó el primer Laboratorio de Investigación en Edafología en la UNAM. Fue socio fundador de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Su libro *Tratado de Edafología de México* constituye una referencia obligada para el estudio de los suelos.

Del laboratorio que iniciaron Sánchez Marroquín y Casas Campillo y que he tenido el privilegio de dirigir desde hace 50 años, han egresado jóvenes brillantes, que cuentan con su propio grupo de trabajo en microbiología del suelo en diferentes partes del país y fuera de éste: Juan José Peña, Ronald Ferrera, Hugo Ramírez, Facundo Rivera, Francisco de la Garza, Verónica Pereda, Manuel Quintos, Miguel Velázquez del Valle, Antonio Munive, Néstor Pérez, Erika Acosta, etc., etc.

VULCANOLOGÍA Y SUELOS

Macías, J.L
Instituto de Geofísica, UNAM-Campus Morelia

México es un país rico en volcanes, alrededor del 40% de su superficie está cubierta por rocas de origen volcánico. Existen zonas volcánicas de dimensiones enormes La Sierra Madre Occidental, el Cinturón Volcánico Trans-Mexicano (CVTM) y el Arco Volcánico de Chiapaneco. La mayor parte de los volcanes activos se encuentran dentro del CVTM, rasgo orográfico que se extiende por más de 1100 km desde las costas de Jalisco y Nayarit hasta las costas de Veracruz. Este cinturón cuenta con más de 8000 volcanes y en su superficie vive más del 50% de la población del país. Esto indica que la mayoría de nosotros vivimos en las faldas de un volcán o inclusive dentro de uno de ellos (Macías y Capra, 2005). Los volcanes más abundantes dentro el CVTM son aquéllos conocidos como conos de escoria (p.e. el Parícutin, Michoacán) tanto sólo entre los estados de Michoacán y Guanajuato existen alrededor de 1000 de estos volcanes. Así mismo, el CTM cuenta con estratovolcanes algunos alineados en cadenas montañosas orientadas norte-sur, como es el caso de los volcanes Tlaloc, Telapón, Iztaccíhuatl y Popocatépetl. Existen, además, los llamados supervolcanes o calderas volcánicas que tiene cráteres de varios kilómetros de ancho como la Sierra de la Primavera, Jalisco.
Los volcanes se forman cuando un magma o lava sube a la superficie de manera tranquila y lenta formando flujos incandescentes de lava que con el tiempo se solidifican y se convierten en roca "mal país" o el magma puede ser expulsado de manera rápida y violenta arrojando escoria "tezontle" o piedra "pómez" que se acumulan en la superficie alrededor del cráter o rellenan barrancas formando capas muy porosas. Los volcanes crecen paulatinamente mediante la acumulación de estos materiales y a través de diversas erupciones.
El material volcánico arrojado es rico en minerales recién formados que vienen a enriquecer los suelos en su entorno. Asimismo, la forma geométrica de los volcanes generalmente en forma de cono y su estructura compuesta por una alternancia de capas o estratos (estratovolcanes) les permite capturar el agua de lluvia como una esponja por lo que cuentan con abundantes manantiales a su alrededor. Por estos motivos dentro del CVTM en donde vive 50% de la población del país se cuenta con suelos muy fértiles y abundante agua que emana de las entrañas de los volcanes. Los suelos al igual que los bosques representan una de las herramientas vitales para comprender la historia eruptiva de los volcanes. ¿Se preguntarán de qué manera? Cada vez que un volcán produce una erupción el material arrojado cubre el suelo y quema la vegetación quedando sepultados por la ceniza y rocas arrojadas. Esto los convierte en un suelo fósil o "paloesuelo" y en carbón (pueden ser troncos completos de árboles o pequeñas ramas) que al ser fechados con el método de rediocarbono nos permite conocer cuando ocurrieron cada una de las erupciones. De esta forma los paleosuelos y la materia orgánica carbonizada representan oro líquido para los vulcanólogos. Si tenemos el registro de diversas erupciones en un volcán y sus paleosuelos o carbones podemos reconstruir su historia eruptiva del volcán. El mejor ejemplo de los estudios de este tipo es el volcán Popocatépetl con sus paleosuelos y carbones logramos definir que sus erupciones prehistóricas habían ocurrida hace aproximadamente 5,000, 2,100 y 1,100 años Antes del Presente (Siebe et al., 2006). La última erupción fue la responsable del abandono temporal de los centros prehispánicos de Cholula, Cacaxtla y Xochitecatl.

Finalmente debo señalar que los volcanes nos proporcionan muchos beneficios. Buena parte del limón y aguacate que consumimos proviene de suelos volcánicos. La cantera "roca sólida de color" empleada para la construcción de las catedrales del país y de algunas ciudades prehispánicas (p.e. Mitla) proviene de rocas producidas por calderas volcánicas. La mayoría de las ciudades prehispánicas fueron construidas con rocas de lava solidificada "mal país". El tezontle empleado

como revestimiento en carreteras se extrae de los pequeños volcanes o conos de escoria. Finalmente, todas las zonas geotérmicas del país que son explotadas para la generación de electricidad y los balnearios con aguas termales (p.e. Los Azufres) están asociadas a volcanes.

Referencias

Macías, J.L, y Capra, L. (2005) Los volcanes y sus peligros: Situación actual en México y Latinoamérica. Fondo de Cultura Económica, 132 p. ISBN 968-16-7568-1

Siebe, C.G., Abrams, M., Macías, J.L., and Obenholzner, J. (1996) Repeated volcanic disasters in Prehispanic time at Popocatepetl, Central Mexico: Past key to the future?. Geology, 24 (5): 399-402.

INOCULACIÓN EXITOSA DE LEGUMINOSAS – ¿UN JUEGO DE NÚMEROS?

Broughton, W.J.

Freie Universität Berlin, Berlin, Germany. Correo: williamebroghton@gmail.com

En muchos agro sistemas, es común aplicar cultivos vivos de bacterias fijadoras de nitrógeno a las semillas de leguminosas al momento de plantarlas. Por lo general las bacterias logran infectar las raíces de las leguminosas y formar "nódulos". Es en estas estructuras simbióticas donde el nitrógeno atmosférico es reducido a amonio, para luego ser convertido a aminoácidos y ser aprovechado por la planta. Por consiguiente, las plantas inoculadas necesitan menos fertilización química y la bacteria a cambio puede vivir en un ambiente seguro lejos de la competición de otros microbios. Desafortunadamente, lo que en teoría y en ensayos de invernadero ha funcionado muy bien no siempre ha podido trasladarse a gran escala a nivel comercial. En este sentido una de las preguntas más importantes es: ¿Qué proporción de los nódulos formados puede atribuirse a la cepa de rizobios "elite" que fue utilizada como inoculante en primer lugar? Factores que incluyen a las bacterias, las plantas y el ambiente afectan el éxito de la inoculación, pero la simple estimación de rizobios compatibles en el suelo antes de la inoculación ayuda a sobreponer la mayoría de estos factores. En este sentido ¿Los avances científicos modernos han encontrado una solución a este problema? La calidad de los inoculantes ha mejorado constantemente, así como la aplicación de las técnicas, pero la proporción de inoculante aplicado y numero de rizobios compatibles se ha mantenido sin cambio. Es aquí donde la aplicación de técnicas genómicas en las poblaciones rizobiales y las plantas hospederas nos ayudaran a entender mejor el problema y probablemente desarrollar soluciones aplicables a la agricultura.

Palabras clave: Rizobios, fijación biológica de nitrógeno, genómica.

Simposia

Simposio 1:

RED TEMÁTICA NACIONAL DE LABORATORIOS PARA EL ANÁLISIS, USO, CONSERVACIÓN Y MANEJO DEL SUELO

LA SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO A.C. Y SU IMPULSO A LA CIENCIA EN MEXICO

Flores-Margez, J.P.[1]

[1]**Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez, Chihuahua. México.**

Autor responsable: Juflores@uacj.mx, Calle Plutarco Elías Calles, Núm. 1210, Col. Foviste Chamizal, Ciudad Juárez, Chihuahua. México. CP 32310; Tel. +52 (656) 395-9420

Resumen

La necesidad apremiante de reflexionar y llegar a establecer iniciativas que activen la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C. (SMCS), así como su misión en el entorno de la crisis en que se encuentra el recurso suelo y su relación con la producción de alimentos en México dentro del entorno de cambio climático, son asuntos que motivaron el Simposio de "reflexión para impulsar la ciencia del suelo en México". La metodología fue basada en convocar a los ex presidentes de la SMCS en los últimos ocho periodos (2000 a 2016) y que estos presenten su diagnóstico de la problemática y propuestas estratégicas que coadyuven en mejorar la participación de esta Sociedad Científica en elevar la participación de los profesionales relacionados con esta disciplina. En este escrito se muestran resultados de avances en la reflexión detectada en foros científicos recientes tanto al interior de la administración de la SMCS como en el entorno que esta apoya a nivel nacional.

Palabras clave:
Estrategia; Sociedad; Edafologia

Introducción

Hace 54 años que la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (SMCS, A.C., 2016) ha estado organizando los congresos nacionales de manera sostenible y cuenta con la revista Terra Latinoamericana como medio de difusión científico (Terra, 2016). Esta Sociedad ha sido formada por los profesionales de suelos más capacitados del País y tiene el reto de seguir siendo el pilar que siga concentrando a todos los interesados en el manejo y cuidado de los suelos a nivel nacional. A la fecha se ha organizado en cuatro divisiones: I) diagnostico, metodología y evaluación del recurso suelo, la cual incluye temas de génesis, morfología y clasificación de suelos, física, química y contaminación de suelos; II) relación suelo-clima-biota, que incluye nutrición vegetal, relación agua-suelo-planta-atmósfera, biología del suelo y uso y manejo del agua; III) aprovechamiento del recurso suelo, donde los temas son conservación, drenaje y recuperación, fertilidad y productividad de agrosistemas; y IV) educación y asistencia técnica.

Los relevos de las mesas directivas de esta agrupación científica cada dos años y la celebración de congresos nacionales anualmente en diferentes regiones han motivado la participación de sus integrantes y simpatizantes con vaivenes naturales, los cuales en ocasiones se tiene poca participación lo que causa inquietud de como promover el aumento de socios y tener mayor impacto en apoyo a las

actividades productivas nacionales de todo ámbito donde incida el recurso suelo. Sin duda, al mejorar la activación de los miembros de la mesa directiva y de los socios tendrá un efecto sinérgico en los profesionales en diversas disciplinas relacionadas con la producción de alimentos y cuidado de los recursos naturales de las regiones del País y en la formación de representaciones estatales de la Ciencia del Suelo, las cuales darán fortaleza a las actividades de la SMCS mediante eventos regionales. De tal forma que quizás esta necesidad de aumentar la participación sea uno de los asuntos torales que deben atenderse y generar estrategias para lograr dar más vida a esta Sociedad científica con enfoque a reconocimiento internacional.

La reflexión del presente análisis, no solo al interior de la SMCS AC y su problemática, sino al exterior conlleva a reforzar también que la seguridad alimentaria depende en gran medida del recurso suelo, el cual es "la piel de la tierra", es un recurso no renovable y contiene la mitad oculta de la biodiversidad del planeta, pero enfrenta desafíos como la erosión y pérdida de fertilidad. Al respecto, López (2016) señala que en México es necesario conciliar la política ambiental con las metas de crecimiento económico, lo cual reducirá la degradación de las tierras, ya que de continuar la sobreexplotación del suelo comprometerá la calidad de vida de futuras generaciones tanto a nivel nacional como global. El objetivo de este ensayo fue realizar un simposio de ex presidentes para analizar la participación de la SMCS AC tanto al interior en su administración como el papel de sus integrantes y socios, como al exterior sobre la problemática del campo mexicano.

Materiales y Métodos

La estrategia para generar opciones que permitan mejorar la función de la SMCS AC se basó en convocar a los ex presidentes de los periodos 2000 a 2016 para que presenten su percepción de la trayectoria de esta Sociedad Científica con base en su valiosa experiencia adquirida en la organización de los congresos nacionales y sus actividades profesionales relacionadas en el sector agronómico tanto en enseñanza como en gestión pública y privada. Algunos ex presidentes son reconocidos por el Sistema Nacional de Investigadores hasta el nivel III y además de su extensa experiencia en la administración de la SMCS. Además, han asistido a eventos de trascendencia científica nacional e internacional reciente entre los que destacan: a) año internacional del suelo 2015-IUSS, b) Alianza mundial por el suelo-FAO (Espinosa, 2014), c) Comisión Nacional de Suelos-CP, d) Proyecto Nacional de Fertilidad de Suelos, e) Programa de inter comparación de laboratorios de suelos-CP, f) Organización del Congreso de América del Norte, entre otros.

Resultados y Discusión

Aunque son demasiados asuntos estratégicos a analizar hacia el interior de la SMCS AC, en esta sección se incluyen los más recientes externados por socios activos en reuniones plenarias de Congresos Nacionales. Uno de los temas consiste en dar mayor impulso a la difusión a través de su página WEB (http://www.smcsmx.org) para ofrecer más información de interés a los socios y usuarios en general y no solo avisos de congresos y la revista Terra. Continuar el apoyo suficiente a la revista Terra para su permanencia en el registro CONACYT y que los socios promuevan el envío de artículos. Se ha sugerido buscar nuevos socios y que cada socio invite a otro e incluso fortalecer la relación con el sector empresarial para desarrollar proyectos tecnológicos con sustento científico por integrantes de la SMCS, en síntesis acercar esta "Sociedad a la Sociedad". También, en la parte de financiamiento se ha contemplado la venta de productos impresos o digitales (libros, camisetas, etc.); se ha comentado el aumento del costo de inscripción a congresos y bajar el costo de membresía

y se maneje un solo pago para simplificar el manejo financiero. La parte publicitaria y formación de equipos de apoyo para impartir cursos y talleres podrán generar recursos económicos que den fortaleza al seguimiento de la SMCS a largo plazo. La búsqueda de patrocinio nacional e internacional ha sido nula y existe un potencial enorme de recursos o servicios de apoyo. Además, revisar los estatutos para actualizar aspectos como la normativa de entrega de premios nacionales y reconocimientos diversos, entre otros. Se ha sugerido activar el registro de la SMCS en

el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas (RENIECYT) para que los socios puedan participar en proyectos financiados por el CONACYT con el aval de la SMCS. Otro asunto es la participación de la SMCS ante la Sociedad Latinoamericana de la Ciencia del Suelo-SLCS (http://slcs.org.mx/index.php/es) y la International Union of Soil Sciences-IUSS (http://www.iuss.org).

Hacia el exterior de la SMCS A.C., algunas reflexiones captadas por el autor en eventos nacionales de la ciencia del suelo se describen a continuación. Se ha comentado que el modelo económico de México ha llevado a mayor pobreza y actualmente es mayor la pérdida de suelo y de su fertilidad, han faltado acciones concretas para tener mayor producción de alimentos y mejorar el cuidado de los suelos. Por ejemplo, faltan variedades de plantas resistentes a altas temperaturas, resistencia a nuevas plagas en bosques, en educación se sigue ensenando con base en literatura antigua, pero debe darse un enfoque futurista produciendo alumnos con herramientas para problemas futuros que enfrentaran, es decir debe enfocarse la estrategia educativa en "entrenarlos a pensar" (Etchevers, 2015). Además, se ha indicado que en los congresos nacionales deben organizarse los grupos por temas sobre los problemas de interés de la gente y que se generen soluciones de provecho. La multifunción del suelo a la Sociedad es lo que debería motivar incluir materias de suelos en diversas formaciones profesionales.

El suelo debe verse como proveedor de servicios a la Sociedad, por lo que debe enfatizarse en crear conciencia, por ello cada persona desde su posición puede realizar el cambio, ya que es muy difícil cambiar las políticas públicas. Un intento importante reciente ha sido la formación de la Comisión Nacional de Suelos, pero se ha comentado que el problema no se resuelve con más dinero. En la Academia, la pregunta es que profesionales se requieren y cuales deberían ser los cuadros técnicos a formar? Cuál debería ser el perfil profesional o quizás concebido con visión transdisciplinar que permita el estudio integral de los suelos. Otro problema importante es que el conocimiento adquirido y publicado en revistas científicas no se vincula con las necesidades de la Sociedad, por ello la pregunta estratégica es cuál será el papel de la SMCS ante todos esos retos?.

En México, se ha planteado la pregunta sobre quien administra el recurso suelo desde el punto de vista gubernamental?, es decir quien regula los cambios de uso de suelo urbano/rural? y la posibles instituciones como SEMARNAT, SAGARPA, CONAFOR, CONAZA, CONABIO, entre otras, deberían tener departamentos de suelos para el cuidado y buen uso de este recurso (Etchevers, 2015), ya que los servicios ambientales que brinda son de diversa índole tales como hábitat de la biodiversidad, como plataforma para edificios, fuente de materias primas para construcción como yeso y cal, elemento decorativo en jardines, e incluso preserva el patrimonio cultural como en Teotihuacán. Otro intento de análisis de la ciencia del suelo a nivel Latinoamérica fue realizado en un Simposio sobre el Futuro de la Ciencia del Suelo (Flores, 2007), quien reporto que existe un abandono del sector agropecuario y forestal en la agenda política nacional; baja participación de profesionales en agronomía en las sociedades científicas; c) falta de actualización de materias modernas en la enseñanza en suelos; d) baja difusión de la ciencia del suelo en todos los ámbitos del

quehacer nacional y e) otros aspectos críticos son la escasez de oportunidades de empleo y las dificultades para obtener financiamiento, lo cual ha ocasionado una reducción del número de estudiantes en la ciencia del suelo.

Conclusiones

Los temas descritos fortalecen el seguimiento de la SMCS A.C., lo cual aunado a las aportaciones del Simposio de Ex Presidentes se generaran las estrategias para aumentar el número de socios, actividades regionales para problemas específicos mediantes foros, simposios o talleres de capacitación, y hacer llegar más recursos económicos para seguir apoyando la revista Terra Latinoamericana y las acciones administrativas de la Sociedad, así como en el ámbito global debe aumentarse la concientización entre los dedicados a la ciencia del suelo para que estos desde sus lugares y actividades de influencia puedan incidir en los actores de la sociedad civil y sus gobernantes, de tal manera que la toma de decisiones incluyan el suelo como parte importante en el trabajo, escuela y oficina que finalmente se traduzca en resultados que mejoren el buen uso del suelo y su conservación.

Agradecimientos

Gracias a la participación entusiasta de los ex presidentes de la SMCS A.C. periodos 2000 a 2016.

Referencias

Espinosa Victoria, D. 2014. El panel técnico intergubernamental de suelos y la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C. Terra Latinoamericana. 32:339-346. http://www.fao.org/global-soil-partnership/en/.

Etchevers Barra, J.D. 2015. Suelos: importancia ecológica, ambiental y económica. Simposio Metropolitano de la Ciencia del Suelo. FES Zaragoza-UNAM. http://congresofeszar.blogspot.mx/p/izta-popo.html.

Flores Margez, J.P. 2007. Futuro de la Ciencia del Suelo en el XVIII Congreso Internacional Philadelphia 2006. Memoria del Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, León, Gto., México.

López Santos, A. 2016. Neutralizar la degradación de las tierras, una aspiración global. ¿ es posible lograrlo en México?. Terra Latinoamericana. 34:239-249.

Hartemink, A. 2006. The future of Soil Science. International Union of Soil Science (IUSS). Wageningen, The Netherlands, 165 p.

SMCS, 2016. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C. consultado el 10 de Julio de 2016: http://www.smcsmx.org.

Terra, 2016. Revista Terra Latinoamericana. Consultado el 10 de Julio de 2016: http://www.revistas-conacyt.unam.mx/terra/index.php/terra/index).

SITUACIÓN ADMINISTRATIVA (2010-2015) DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, A.C.

Loredo-Osti, C.[1], Valdez-Cepeda, R.D.[2,3*]

[1]Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, SLP, México.
[2]Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro Norte. Zacatecas, Zac., México.
[3]Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Matemáticas. Zacatecas, Zac., México.

*Autor responsable: vacrida@hotmail.com; Calle Cruz del Sur Núm. 100, Col. Constelación, El Orito, Zacatecas, Zac., México. CP 98085; Tel. +52(492)-9246147

Resumen

La estrategia corporativa marca la pauta y define el futuro de cualquier organización. Esta herramienta debe ser la guía de trabajo y desarrollo de la organización durante 2-5 años. Sin embargo, en las organizaciones cuya dirección es renovada de manera frecuente, el proceso de cambio implica situaciones que pueden afectar al clima organizacional. Es posible, entonces, que tal proceso pueda generar inconformidades, diferencias de opinión para actuar e incertidumbre. La Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. (SMCS, AC) realiza un proceso de cambio-renovación de Mesa Directiva cada 2 años, de acuerdo a los Estatutos vigentes, de manera que puede confrontar estos riesgos. Por consiguiente, los miembros de la SMCS, AC deben tener claridad sobre los elementos diagnóstico, plan de sensibilización e involucramiento de socios vigentes y posibles socios nuevos, mejoramiento-optimización de la comunicación interna (retroalimentación) y mantenimiento del cambio como acción asertiva. En ese sentido, un diagnóstico administrativo confiable fue realizado. El estado de resultados depende en gran medida de los ingresos por los conceptos de pago de membresías, en especial de socios activos, e inscripción en congresos y cursos. Los ingresos por membresía han sido apenas suficientes para cubrir la nómina en 2012. Los ingresos por gestión de la mesa directiva y comité organizador del congreso han coadyuvado a que el balance financiero haya sido positivo durante el período 2012-2015. Estos resultados pueden dar pauta a la sensibilización de los socios y participantes en los congresos con el fin de que se involucren más en un sentido de pertenencia y al mejoramiento de la comunicación interna.

Palabras clave
Membresía; Socios; Gestión; Mesa Directiva; Comité Organizador de Congreso; Ingresos; Egresos

Introducción

En la actualidad, el éxito de las organizaciones depende, en gran medida, de la estrategia corporativa (EC) que implementan. La EC es, en sí, el plan que la dirección de la organización debe diseñar al inicio de su gestión. Con base en dicho plan, la dirección debe conducir a la plantilla, ejecutar las tareas o acciones, cumplir los compromisos y lograr los objetivos que definan (Johnson *et al*., 2008). En otras palabras, la EC marca la pauta y define el futuro de cualquier organización.

El diseño de una EC parte de un desafío complejo. La EC implica una responsabilidad que exige un compromiso firme por parte de quienes la diseñan. Esta herramienta debe ser la guía de trabajo y desarrollo de la organización durante 2-5 años.

Los elementos necesarios para diseñar una EC robusta, que sea la piedra angular para la realización de las acciones y el logro de los objetivos de la organización, son diversos. Entre ellos se encuentran misión, visión, valores, objetivos, plan, mecanismos de comunicación, dirección estratégica y sistema de evaluación de resultados. Todos son importantes y en conjunto conforman la ruta de las organizaciones que desean evitar errores, optimizar niveles de productividad y competitividad, así como aumentar su presencia en el mercado o incrementar el número de acciones o actores (socios). En este sentido, la socialización de la información sobre la organización permite que el público construya su reputación (Fombrun y Shanley, 1990). Sin embargo, en las organizaciones cuya dirección es renovada de manera frecuente, el proceso de cambio implica situaciones que pueden afectar al clima organizacional. Es posible, entonces, que tal proceso genere inconformidades, diferencias de opinión para actuar e incertidumbre. La Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. (SMCS, AC) realiza un proceso de cambio-renovación de Mesa Directiva cada 2 años, de acuerdo a los Estatutos vigentes, de manera que puede confrontar estos riesgos. Por consiguiente, los miembros de la SMCS, AC deben tener claridad, al menos, sobre los elementos diagnóstico, plan de sensibilización e involucramiento de socios vigentes y posibles socios nuevos, mejoramiento-optimización de la comunicación interna (retroalimentación) y mantenimiento del cambio como acción asertiva. Los Estatutos de la SMCS, AC en su artículo 6º indican que podrá ser miembro de la Sociedad la persona que, identificándose con la filosofía y principios de la Sociedad, cumpla con normas y estatutos de la misma y cuya profesión, preparación académica o actividad profesional estén relacionadas con las disciplinas de la Ciencia del Suelo (SMCS, 1983. A estos profesionistas se les identifica como socios activos. También, esos Estatutos indican que puede haber socios estudiantes, socios fundadores, socios honorarios y socios vitalicios (SMCS, 1983).

Dado que durante, al menos, los últimos 4 años se ha acopiado información sobre membresía, aspectos administrativos y problemática financiera vigente, la presente contribución tiene como objetivo socializar dicha información para el enriquecimiento de un diagnóstico administrativo confiable que pueda dar pauta a la sensibilización de los socios y participantes en los congresos con el fin de que se involucren más en un sentido de pertenencia a la SMCS, AC y al mejoramiento de la comunicación interna.

Materiales y Métodos

Acopio y análisis de datos

Los estados de cuenta bancarios del período 2012-2015 de la SMCS, AC fueron la fuente importante para acopiar datos de ingresos y egresos mensuales. La información de este tipo para 2010 y 2011 no estuvo disponible en los archivos de la SMCS, AC. También y con el mismo propósito, los archivos de registro de pago de membresías e inscripciones a los congresos realizados de 2010 a 2015 fueron considerados. Los datos fueron capturados en Excel para su análisis y elaboración de figuras con base en las variables siguientes: número de socios por tipo de membresía (socios activos, estudiantes de posgrado, estudiantes de licenciatura y vitalicios), ingresos por pago de membresía de acuerdo al tipo de socio e ingresos totales por membresía, ingresos por inscripción en congresos y cursos, ingresos por gestión de mesas directivas (MD), ingresos por gestión de comités organizadores de congresos (COC), ingresos por pago de derecho de publicación de artículo científico en la revista Terra Latinoamericana, ingreso total anual e ingresos y egresos por mes.

Resultados y Discusión

Una variación considerable caracteriza a algunas de las variables (Figura 1). En este rubro se circunscriben de manera especial números de socios activos, estudiantes de licenciatura, estudiantes de posgrado e ingresos por pago de membresía de socios activos, total anual, pago de inscripción a congresos y cursos, gestión de comité organizador de congreso y gestión de mesa directiva. La variabilidad de ingresos por pago de membresía de socios activos está asociada a su disminución en 2011 y 2014, es decir, a los años cuando los congresos se realizaron en Campeche y Ciudad Juárez. Sin embargo, la aportación mayor por socios estudiantes de licenciatura (22) ocurrió en 2011. Resalta que, en todos los años, la aportación de socios activos es la mayor.

Los ingresos en efectivo asociados a la gestión del comité organizador del congreso representaron el 25% del ingreso total en 2012 y 2015. Este tipo de ingresos y el ligado al de la gestión de la mesa directiva también fueron importantes en 2013 (14% del ingreso total). Merece ser mencionado que gran parte de los ingresos correspondientes a gestión del comité organizador del congreso son en especie, de manera que no se reflejan en la cuenta bancaria, pero coadyuvan a cubrir gastos de operación para realizar el evento. Estos resultados sugieren que los ingresos en efectivo por gestión del comité organizador del congreso anual y la mesa directiva pueden fortalecer al sistema económico de la SMCS, AC. Aunque es notorio que el ingreso mayor corresponde al pago de inscripciones a congreso y cursos durante el período 2012-2015 con más del 50% del ingreso total anual.

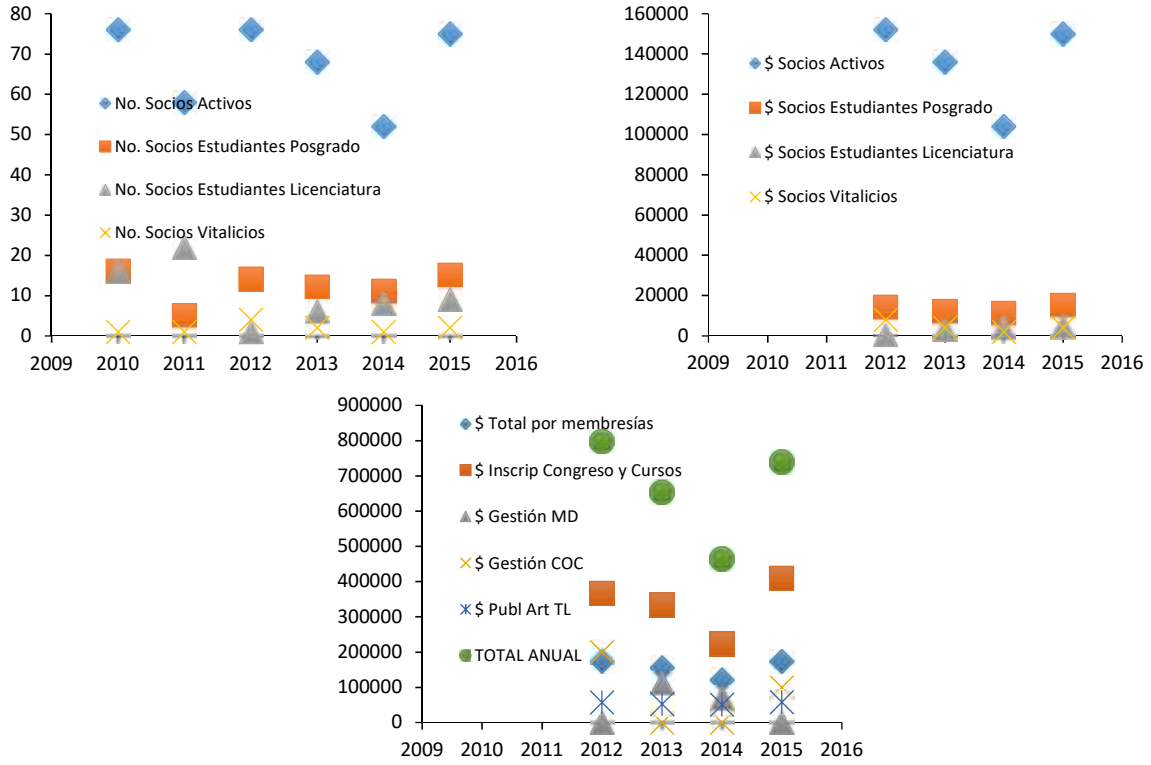


Figura 1. Comportamiento de número de socios por tipo de membresía en la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C., ingresos por pago de membresía según de tipo e ingresos total por membresía, inscripción en congreso y cursos, gestión de mesa directiva (MD), gestión de comité organizador de congreso (COC), derecho de publicación de artículo en la revista Terra Latinoamericana (TL) y total anual.

En general, los egresos fueron mayores que los ingresos, lo cual ocurrió en 29 de los 48 meses (2012-2014). Los ingresos mensuales varían más que los egresos mensuales (Figura 2). Esto se debe principalmente al ingreso por pago de inscripción a congresos y cursos en noviembre (Zacatecas, 2012 y La Paz, 2013); agosto-octubre (Ciudad Juárez, 2014) y agosto (San Luis Potosí, 2015); también hubo ingresos importantes ligados a la contribución del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología para apoyar a la revista Terra Latinoamericana (abril, 2012), gestión del comité organizador (octubre 2012 y agosto 2015) y gestión de la mesa directiva (agosto y noviembre 2013). Por su parte, la variación de los egresos mensuales de asocia más al pago de material y servicios durante el mes de celebración del congreso, o bien, al pago de prestaciones al personal que conforma la nómina e impuestos. Cabe señalar que la SMCS, AC no incurre en pago de renta y servicios relativos a la oficina ubicada en las instalaciones de la Universidad Autónoma Chapingo. Esto contribuye de manera importante para que la erogaciones mensual y anual sean menores. En la mayoría de los meses, la mayor parte de los egresos está ligado a cubrir la nómina (salarios) de la revista Terra Latinoamericana (órgano oficial de la SMCS, AC para publicación de artículos científicos), de manera que los promedios mensuales de egresos han sido $ 52422 (2012), $ 45915 (2013), $ 39116 (2014) y $ 60690 (2015). Así entonces, el promedio mensual de egresos por nómina es de $ 40000 ($ 480000 promedio anual).

El balance general para el período 2012-2015 es positivo al considerar los estados de cuenta bancarios. Este resultado se debe a que los balances 2012 ($ 273011), 2013 ($ 101725), 2015 ($ 11029) fueron positivos, mientras que el balance 2014 ($ -115070) fue negativo. Sin duda, el resultado desfavorable se debe principalmente a que en 2014 se tuvieron los menores ingresos por los conceptos de pago de membresía e inscripciones a congreso y cursos.

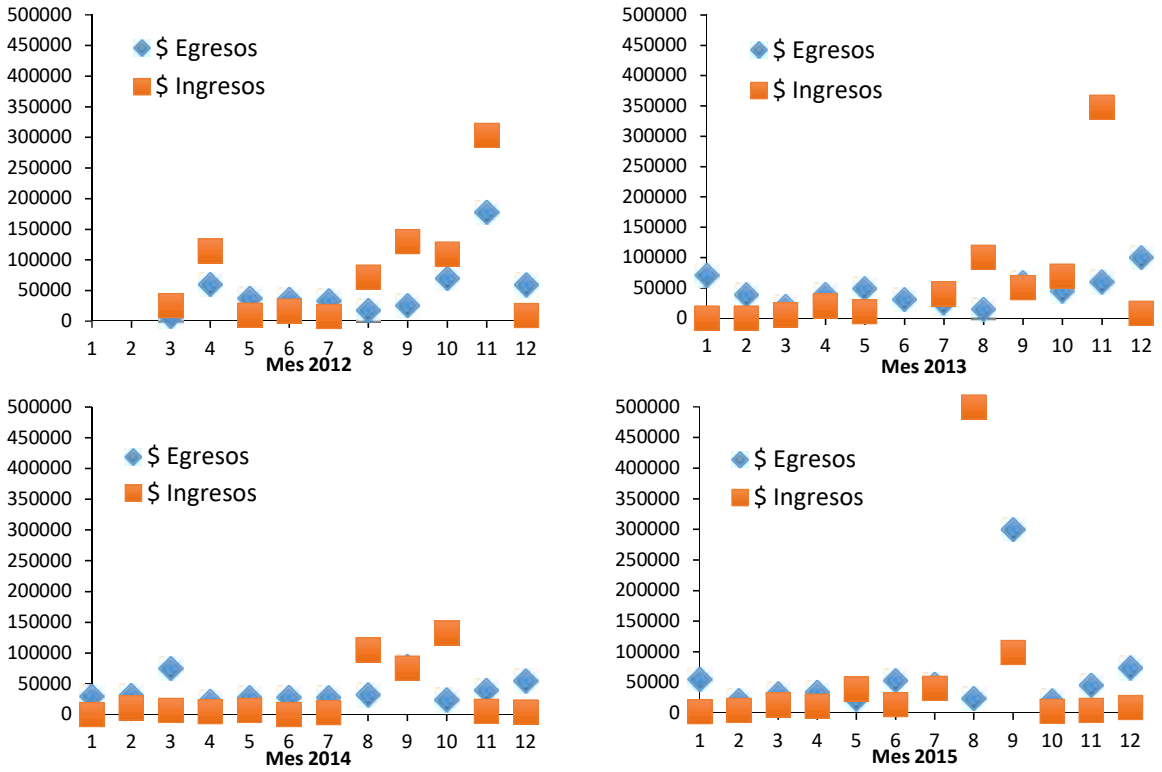


Figura 2. Comportamiento de ingresos y egresos (2012-2015) de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.,

Conclusiones

En general, el estado de resultados depende en gran medida de los ingresos registrados en la cuenta bancaria de la SMCS, AC por los conceptos de pago de membresías, en especial de socios activos, e inscripción en congresos y cursos. Los ingresos por membresía han sido apenas suficientes para cubrir la nómina en 2012, de manera que, si el número de socios activos disminuyera, la situación financiera de la SMCS, AC resultaría afectada. Asimismo, una reducción de ingresos por pago de inscripción a congresos y cursos afectarían el estado financiero de la organización. Es evidente que los ingresos por gestión de las mesas directivas y comités organizadores de congresos han coadyuvado a que el balance financiero haya sido positivo en el período 2012-2015. Por consiguiente, las mesas directivas actual y futuras deben considerar esta apreciación. Es importante acotar que las gestiones de los comités organizadores de los congresos anuales han soportado gran parte de los gastos de material y servicios para llevar a cabo los eventos, tanto en especie como mediante ingresos en efectivo; por ello, la SMCS, AC ha tenido el soporte necesario para realizar la erogación con el fin cubrir nómina durante el período 2012-2015 y gran parte de 2016.

Los resultados sugieren que es necesario realizar un diagnóstico interno, otro externo de manera permanente y, a partir de ahí, diseñar un plan de sensibilización e involucramiento de socios vigentes y posibles socios nuevos, mejoramiento-optimización de la comunicación interna (retroalimentación) y mantenimiento del cambio como acción asertiva. En otras palabras, ya es imprescindible re-diseñar y operar una estrategia o plan de desarrollo de la SMCS, AC cada ocasión que se renueve la mesa directiva.

Agradecimientos

A los socios y personal de la SMCS, AC, participantes en congresos anuales y servidores públicos, quienes han contribuido a que opere para el logro de sus objetivos.

Referencias

Johnson, G., K. Scholes, R. Whittington. 2008. Exploring Corporate Strategy. 8th Edition. Financial Times Prentice Hall. Harlow, England. 266 p.

Fombrun, Ch., M. Shanley. 1990. What's in a Name? Reputation Building and Corporate Strategy. Academy of Management Journal 33(2): 233-258.

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. 1983. Estatutos de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Acta Notariada Vol. 121, núm. 8383, fojas 69. Notaría Pública No. 1. Texcoco, Edo. de México. 19 p.

REFLEXIÓN SOBRE EL ESTADO QUE GUARDA LA REVISTA TERRA LATINOAMERICANA Y PROPUESTAS PARA IMPULSAR SU FUNCIONAMIENTO

Espinosa-Victoria, D[1‡], Fuentes Ponce, M.H.[2] y López Atilano, R.M.[3]

[1] Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Estado de México, México. 56230
[2] Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco. Ciudad de México, D. F.
[3] Revista Terra Latinoamericana. Universidad Autónoma Chapingo, Depto. de Suelos. Chapingo, Edo. de México.

*Autor responsable: despinos@colpos.mx. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Estado de México, México. 56230; Tel. +52(595)-952-0244

Antecedentes

La revista Terra Latinoamericana, órgano de divulgación científica de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (SMCS) A.C. fue fundada durante la presidencia del Dr. Antonio Turrent Fernández (Palacios, 2011). El primer número de la revista fue publicado en 1983 y el más reciente en 2016, que corresponde al número 3 del volumen 34 (Figura 1). Desde 1983, la SMCS publica la revista Terra Latinoamericana de forma trimestral (cuatro números al año).

La revista se encuentra indexada en diversas redes de publicaciones como SciELO, Latindex, REDALYC, AGRIS (FAO), AGRICOLA (USDA), CAB ABSTRACTS y PERIODICA. El 11 de marzo de 2015, Terra Latinoamericana fue dictaminada como no aprobada en el Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) dentro de la convocatoria 2014-2015.

A partir de esa fecha, el personal de Terra Latinoamericana se avocó a dar respuesta a las diferentes observaciones hechas por el CONACyT. Se re-estructuraron e incluyeron nuevas pestañas en el portal de la revista, por ejemplo: Guía de autores en la que se encuentran las normas y las especificaciones para someter contribuciones, la carta de Sometimiento y la carta de Cesión de Derechos y el costo actual de la publicación. En la pestaña **Acerca de** se actualizó la información referente al Comité Editorial, Mesa Directiva, Política de Acceso, Código de Ética y Proceso de revisión por pares.

Dando seguimiento a uno de los requerimientos del CONACyT, actualmente, el proceso de arbitraje se realiza a través de la plataforma del Open Journal System (OJS). El uso de OJS, en teoría, facilita y acorta el proceso de revisión ya que el investigador, al recibir la invitación para arbitrar, puede aceptar o declinar solo con un click. En el caso de que el investigador decida colaborar, y no conteste en el tiempo indicado, automáticamente el sistema le envía recordatorios. El OJS comenzó a utilizarse en Terra Latinoamericana el 2014 solo como repositorio. En 2015 se incorporaron al sistema algunos artículos de manera manual. Es hasta este año 2016 cuando se inicia formalmente el uso del OJS con un artículo procedente de Colombia, que llegó al sistema el 22 de febrero.

La revista se encuentra en proceso de obtención del Digital Object Identifier (DOI) para cada uno de los artículos aceptados. Este servicio requerirá de un pago anual y un pago por cada contribución que se publique por parte de la revista. Igualmente, se está tramitando el servicio de Database of Open Access Journals (DOAJ) que indexa y ofrece acceso al Open Access Journal, que alberga artículos de calidad controlada. SciELO ayudará en el trámite de DOAJ y apoyará también en la actualización de la información. Otro de los pendientes que la revista tiene es la edición bilingüe. Por el momento, no se tiene información fehaciente sobre el apoyo del CONACyT para este rubro.

Como puede observarse, el personal de la Revista Terra Latinoamericana está poniendo todo su empeño para superar las observaciones del último dictamen, con la finalidad de lograr la categorización de la revista en el nuevo Catálogo de Revista Científicas del CONACyT.

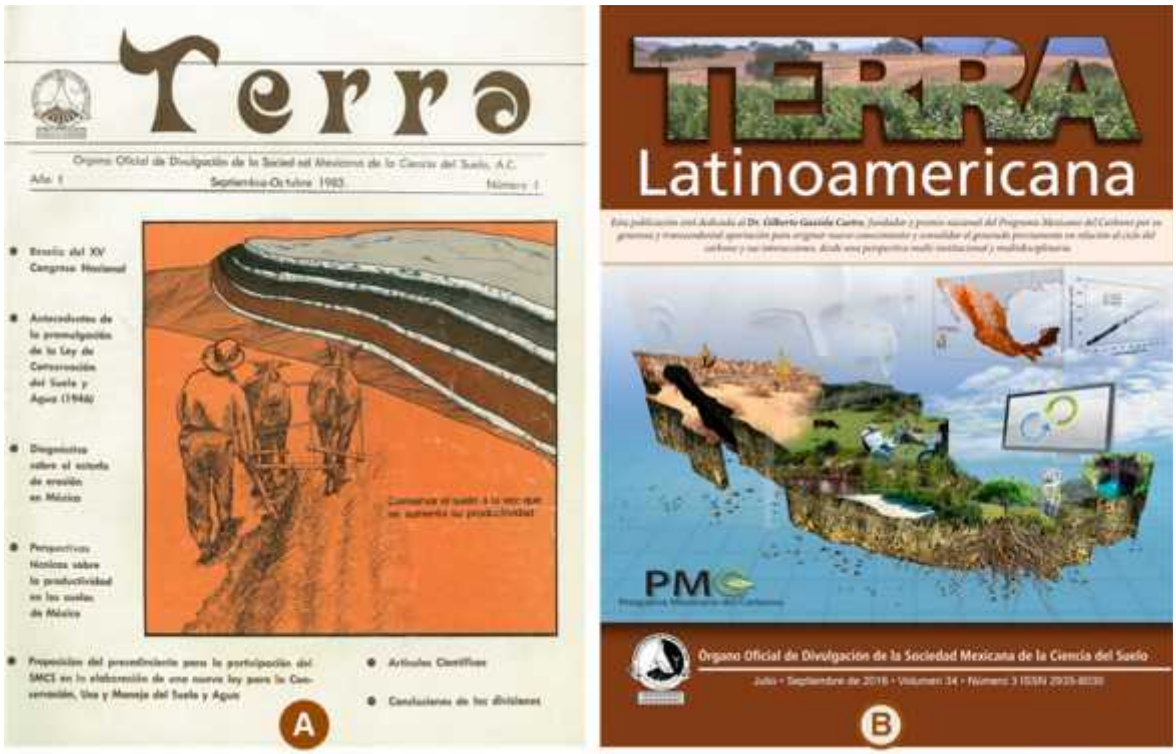


Figura 1. Portada del primer número de la Revista *Terra* (A) y portada del número más reciente de la Revista *Terra Latinoamericana* (B).

Problemática detectada

A partir del dictamen no favorable para la Revista Terra Latinoamericana en 2015, adicional al trabajo que ha desarrollado el personal de la revista, no se observó compromiso por parte de la SMCS en su conjunto para superar la situación de su órgano de divulgación científica. Particularmente, se hizo la invitación en el XL Congreso Nacional en San Luis Potosí, para que cada investigador enviara por lo menos una contribución para su posible publicación en Terra Latinoamericana con la idea de contrarrestar el retiro o no envío de manuscritos, dada la situación de la revista. La respuesta fue casi nula. Sin embargo, en este punto, es justo resaltar el enorme apoyo del Programa Mexicano del Carbono, que a finales de 2015 sometió a la revista suficientes contribuciones con las que se conformaron dos números de la misma. Uno de ellos se muestra en la Figura 1.

La falta de compromiso por parte de los investigadores para apoyar en el proceso de arbitraje no ha sido superada. Normalmente, los que acceden al arbitraje se demoran en notificarlo, y la devolución de su dictamen es igualmente tardado. En muchas ocasiones, esta situación ha estado a punto de colapsar el funcionamiento de la revista. Es importante mencionar que hay algunos investigadores que contribuyen invariablemente en el proceso de arbitraje. Sin embargo, no es conveniente para la revista que sus revisores sean prácticamente los mismos, además de que no es justo abusar del tiempo de estos investigadores.

Otra situación, igualmente problemática, es el tiempo que toman los autores para atender las observaciones solicitadas por los árbitros. Normalmente, los autores tampoco respetan tiempos. Desde luego que hay disponibilidad por parte de la revista para dar un poco más de tiempo a aquellos autores que lo requieran. Lamentablemente, no hay cultura para solicitar formalmente tiempo adicional. Cuando la contribución se encuentra ya en formato, la respuesta de los autores es un poco más rápida. No obstante, algunos autores toman demasiado tiempo para responder. El proceso de publicación de un número podría verse en riesgo cuando no se cuente con un artículo en equivalente estado de revisión para sustituirlo.

En resumen, la Revista Terra Latinoamericana padece de una reducida afluencia de contribuciones y de un proceso largo de edición. Lo anterior podría incidir en la obsolescencia de la información que se publica en la revista y en la catalogación de ésta como una revista de bajo impacto.

Propuestas

Algunas propuestas para promover el buen funcionamiento de la Revista Terra Latinoamericana son:

1. Un verdadero compromiso para que los miembros activos de la SMCS envíen un artículo para su posible publicación en la Revista Terra Latinoamericana.

2. La conformación de una cartera de árbitros para cada división de la revista, que verdaderamente se comprometan con la Revista Terra Latinoamericana.

3. Un verdadero compromiso de árbitros y autores para responder en tiempo y forma a los requerimientos del Editor de la revista.

Estrategia para activar las propuestas

Las tres propuestas mencionadas arriba son un asunto ético. El verdadero compromiso es un síntoma de madurez. Nadie puede ser obligado a responder en tiempo y forma, más que el compromiso moral que tenga con la Revista Terra Latinoamericana. No obstante, para poner en acción la segunda propuesta, será conveniente que en la Reunión Plenaria se haga una relación de árbitros por cada división de la revista y que ésta sea firmada por cada uno de ellos.

La implementación del OJS desde luego que es una valiosa herramienta que facilitará el proceso de arbitraje. Pero igualmente, la rapidez del procedo dependerá del compromiso tanto de árbitros como autores. Será necesario que tanto árbitros como autores se familiaricen con la plataforma y actúen en consecuencia.

Conclusiones

Nadie más que los estudiosos del suelo tendrán que hacer lo conducente para mejorar el funcionamiento y trascendencia de la Revista Terra Latinoamericana. O lo hacemos nosotros o no lo hará nadie. No sería justo permanecer indiferentes al gran esfuerzo hecho en 1983. Tampoco sería justo tirar por la borda el trabajo de divulgación científica de la cincuentenaria Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Queda abierta una cordial invitación para sumarse a las actividades de la Revista Terra Latinoamericana y para hacer propuestas que redunden en el buen funcionamiento de ésta.

Referencias

Palacios R., M. I. 2011. Apuntes para la historia de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. pp. 47-94. *In:* M. I. Palacios R. Y J. A. Léos R. (eds.). La Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Una historia de identidad compartida. Vol. 1. Universidad Autónoma Chapingo. ISBN: 978-607-12-0225-3. CIESTAAM. México.

REFLEXIÓN SOBRE LA PARTICIPACIÓN DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO A.C. EN LOS CONGRESOS INTERNACIONALES Y EN LA ALIANZA MUNDIAL POR EL SUELO

Espinosa-Victoria, D.[1*]

[1] Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Estado de México, México. 56230

*Autor responsable: despinoa@colpos.mx. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Estado de México, México. 56230; Tel. +52(595)-952-0244

Antecedentes

La Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (SMCS) A.C. se caracterizó en épocas pasadas como una sociedad científica activa a nivel internacional. Algunas evidencias de su involucramiento fueron: la organización del XV Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo en conjunto con la International Union of Soil Science (IUSS) en Acapulco, Guerrero en 1994 (Palacios, 2011), la realización del XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo (CLACS) en León, Guanajuato en 2007, y el establecimiento del Premio "Andrés Aguilar Santelices *in memoriam*" en el XIV CLACS en Pucón, Chile en noviembre de 1999 (SLCS, 2016). La ocupación de la presidencia tanto de la IUSS como de la Sociedad Latinoamericana de la Ciencia del Suelo fue también evidencia de su activa militancia (SLCS, 2016). Por otro lado, la SMCS ha sido miembro regular de la IUSS, y recientemente ingresó como miembro de la Alianza Mundial por el Suelo (AMS) de la FAO (Fig.1) en la que participó activamente durante 2014 y 2015 (Espinosa-Victoria, 2014). Sin embargo, en años recientes la presencia de la SMCS en eventos internacionales se ha visto reducida. Esta contribución tiene el propósito de hacer un análisis de la situación y sugerir algunas propuestas, con sus estrategias de implementación, con la finalidad de reactivar la participación de la SMCS más allá de nuestras fronteras.

Problemática detectada

El *modus operandi* de los miembros activos de la SMCS se reduce a reuniones y participación como gremio solo en los congresos anuales. Por otra parte, la conducción de las Reuniones Plenarias no ha sido muy efectiva, pues la falta de claridad en los planteamientos torales para la SMCS y el corto tiempo para su discusión normalmente "deja muchos asuntos en el tintero".
Adicionalmente, aunque contamos con Estatutos (obsoletos, por cierto), en el seno de la SMCS no se han diseñado políticas que rijan las actividades de la misma en el futuro inmediato y mediato. Así, se observa que la actuación de la SMCS es más reactiva que proactiva.
La falta de planeación ha conducido al surgimiento, de por lo menos, tres tipos de participantes en los eventos internacionales:

1) Participantes solitarios. Aquellos que actúan a título personal, representando a la institución de adscripción o al país.

2) Participantes pseudo-acreditados. Aquellos que aprovechan el momento para actuar como embajadores de la SMCS.
3) Participantes "bombero". Aquellos que representan a la SMCS por un encargo de último minuto.

GSP SECRETARIAT [GSP-Secretariat@fao.org]
Jueves 9 de mayo de 2013.

Dear Mr. Espinosa,

Thank you very much for your interest in joining the Global Soil Partnership.

As per the attached GSP Terms of Reference your institution is now officially a partner of the GSP. Soon, we will provide you with further information about the organization of the first GSP Plenary Assembly (11-12 June).
http://www.fao.org/globalsoilpartnership/become-a-partner/en/

best regards,

GSP-Secretariat

Figura 1. Constancia de membresía de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (SMCS) A.C. a la Alianza Mundial por el Suelo (Global Soil Partnership) a partir del 9 de mayo de 2013.

El grado de descuido ha sido tal que, en el último congreso de la IUSS realizado en Jeju, Korea del Sur en 2014, el stand asignado a la SMCS permaneció vacío.
Una ventana adicional de participación internacional para la SMCS fue la AMS. En la conformación del primer Panel Técnico Intergubernamental por el Suelo (PTIS), la AMS incluyó a un miembro de la SMCS, como representante de la región América Latina (Espinosa-Victoria, 2014). Sin embargo, La AMS no consideró a ningún miembro de la SMCS para conformar el segundo PTIS (Fig. 2). Argentina y Brasil gestionaron su permanencia en el segundo PTIS. Tal parece que hizo falta gestión durante el Congreso Latinoamericano de Cusco, Perú en 2014, para ser considerados en las candidaturas respectivas a las que la AMS convoca.
En resumen, las evidencias indican que la SMCS no actúa como grupo a nivel internacional por la falta de políticas y estrategias de participación.

III. Propuestas

Algunas propuestas para promover la participación organizada de la SMCS en el ámbito internacional son:

Figura 2. Primer y segundo grupo de especialistas representantes de América Latina y el Caribe del Panel Técnico Intergubernamental por el Suelo de la Alianza Mundial por el Suelo de la FAO. **A**) Dr. Julio Alegre Orihuela, **B**) Dr. David Espinosa-Victoria, **C**) Dr. Carlos Roberto Henríquez, **D**) Dra. María de Lourde Mendonca Santos, **E**) Dr. Miguel Ángel Taboada, **F**) Dr. Juan Antonio Comerma, **G**) Ms. Oneyda Hernández Lara y **H**) Dr. Fernando García Préchac.

Selección y nombramiento de representantes de la SMCS debidamente acreditados.
Solicitud a los organizadores del Congreso Latinoamericanos para que las Reuniones Plenarias sean abiertas y se lleven a cabo durante el segundo día del Congreso.
Selección y nombramiento de un representante de la SMCS ante la AMS.

IV. Estrategia para activar las propuestas

Para poner en acción la primera propuesta, es recomendable que la selección y nombramiento de los representantes de la SMCS a eventos internacionales, CLACS o Congreso de la IUSS, se hagan durante la Reunión Plenaria del Congreso Nacional. En caso excepcional, podría darse el voto de confianza al Comité Directivo para hacerlo *ex profeso*, pero la decisión debe ser socializada a todos los miembros activos de la SMCS. Se espera la emisión de un oficio en papel membretado de la SMCS, que debe enviarse a los comités organizadores de los eventos internacionales. De esta forma se evitará la evasión de responsabilidad, así como la usurpación de funciones en los eventos internacionales.

Para llevar a cabo la segunda estrategia, se requiere que la SMCS, en su Reunión Plenaria, tome el acuerdo para solicitar al Comité Organizador del evento internacional que su respectiva Reunión Plenaria se abra a todos los miembros activos, y no solo a los presidentes de las sociedades nacionales, y que ésta se lleve a cabo durante el segundo día del evento. Esto dará oportunidad para conocer los asuntos torales de la sociedad latinoamericana, así como la de hacer propuestas para evitar que los cargos o comisiones sean vitalicios. La democratización de las reuniones plenarias y su celebración temprana evitarán que éstas se conviertan en foros aprobatorios de "acuerdos previamente cocinados".

En el caso de la tercera propuesta, si bien es prerrogativa de la AMS seleccionar a los especialistas que conformarán al PTIS, la democratización de las Asambleas Plenarias de los CLACS dará la oportunidad de conocer y proponer candidatos para el PTIS. Pero adicional a esto, debido a que la SMCS es miembro de la AMS desde 2013, es necesario que la Reunión Plenaria de la SMCS se nombre al representante de la misma a la reunión anual de la AMS, que se lleva a cabo en junio de en la sede de la FAO en Roma. Igual que en la primera propuesta, se espera la emisión de un oficio en papel membretado de la SMCS que deberá ser enviado al secretario de la AMS (GSP-Secretariat@fao.org)

Conclusiones

Como todas las sociedades científicas, la SMCS ha experimentado altibajos durante sus 52 años. La SMCS es una de las sociedades científicas más antiguas en nuestro país, y es justo que sus militantes hagan lo conducente para que ésta tenga presencia en los foros internacionales.

Si bien la economía para asistir a los foros internacionales es importante, la actitud del Comité Directivo y sus miembros activos es más valiosa.

Siempre será mejor la formalidad y el apoyo para quienes representen a la SMCS en foros internacionales, que la informalidad que es un síntoma de carencia de estructura y organización.

Referencias

Espinosa-Victoria, D. 2014. El Panel Técnico Intergubernamental de Suelos y la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. *Terra Latinoamericana* 32 (4):339-

Palacios, R.M.I 2011. Apuntes para la historia de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. In: La Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Una historia de identidad compartida. Vol. 1. Eds. Palacios, R.M.I y Leos, R.J.A. Universidad Autónoma Chapingo. ISBN: 978-607-12-0225-3 págs. 47-94

SLCS. 2016. Sociedad Latinoamericana de la Ciencia del Suelo. http://slcs.org.mx/index.php/es/ Consulta: 25 de julio de 2016.

REFLEXIONES PARA IMPULSAR LA CIENCIA DEL SUELO EN MEXICO Y AMERICA LATINA: SITUACION, TENDENCIAS Y DESAFIOS DE LA INVESTIGACION EN EL SECTOR AGRICOLA, Y DE LOS RECURSOS NATURALES

Álvarez-Sánchez, M.E.[1*]; Maldonado-Torres, R.

[1,2]**Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Suelos .Chapingo, México. México.**
*Autor responsable: edna_alvarez30@yahoo.com.mx; km 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo.Texcoco, Estado de México.México. CP 56230; Tel. +52(595-95-21500)-Ext. 6148

a) Situación

La mayoría de las proyecciones sobre el crecimiento de la población mundial indican que ésta se duplicará dentro de una o dos generaciones a la cual se tendrán que alimentar con nuestros recursos naturales finitos. Según el International Food Policy Research Institute el déficit global de alimento estimado después del año 2000 es de 70 millones toneladas por año. De la producción total de alimentos del mundo, se ha determinado que las tierras de cultivo proporcionan cerca del 80% y la industria pesquera el 10%. Por otra parte, el porcentaje de población que depende de la agricultura como forma de vida en los países en desarrollo es mucho mayor que en los países desarrollados, en 1990 fue del orden de 68.3% en África, 63.6% en el sudeste de Asia, y 26.1% en América Latina comparados con el 9.3% en Europa y 2.4% in Norte América. En consecuencia, el recurso suelo lleva la mayor presión de producción para resolver las necesidades del alimento del mundo (FAO, 2007 y 2009).

Además del preocupante escenario mundial, la agricultura mexicana y latinoamericana enfrentan problemas serios de degradación de suelos y fuentes de agua, deforestación, sobrepastoreo, erosión genética y uso inadecuado de agroquímicos (FAO, 2006; Sánchez, 2007; SNADES, 2010). A esta problemática, se suma la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera que influye en el cambio climático global; entre los gases más importantes, el bióxido de carbono (CO_2), ha aumentado significativamente en décadas recientes debido a la utilización de combustibles fósiles y **a prácticas de uso de la tierra que reducen el carbono acumulado en bosques y suelos** (IPCC, 2008).

Con el escenario actual, los desafíos más relevantes que se plantean son:

¿**Cómo disminuir y controlar, según sea el caso de cada región, el grado de presión sobre los recursos naturales?**

¿Cómo recuperar o conservar la calidad de los recursos naturales para un adecuado funcionamiento de los sistemas de producción?

¿Los edafólogos están atendiendo estas necesidades?, ¿Nuestro quehacer en investigación hace aportes para resolver estas necesidades? ¿En qué escala?

b) Tendencias

Atendiendo a la problemática actual y al compromiso establecido con la comunidad mundial, un importante progreso de México hacia la sostenibilidad fue la reforma a la Ley general en Estabilidad Ecológica y Protección al Ambiente, aprobada en 1996. Por otra parte, México ha firmado diferentes

Acuerdos (el más reciente Cumbre de Río + 20 de las Naciones Unidas en Brasil en 2012, Objetivos de Desarrollo del Milenio), con lo cual se comprometió a revisar y reformar las leyes sobre bosques y suelos que regula la preservación, conservación y restauración y el uso de tales recursos en el país, tal como lo establece el Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (DOF, 2012a, b, c y d).

En concordancia con esa revisión y reformas, la SEMARNAP y Subdependencias han confirmado la plena compatibilidad y el fortalecimiento recíproco entre **desarrollo científico y desarrollo económico, entre desarrollo social y cuidado del ambiente, y entre el aprovechamiento de los recursos y su protección, en el tránsito del país hacia el desarrollo sostenible**. Para lo cual han definido distintas líneas de desarrollo entre las que pueden citarse (SEMARNAT, 2009):

- La aplicación del principio precautorio y anticipatorio
- Adopción de límites y umbrales en la utilización de recursos naturales
- Utilización eficiente de los recursos por parte de todas las sociedades
- Participación social en la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales.

Dentro de las estrategias económicas que se consideran prioritarias en el país están las siguientes (SEMARNAT, 2009):

- Valorización económica del deterioro ambiental
- Consolidar las medidas para la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero
- Impulsar con las dependencias correspondientes, la agricultura orgánica, la labranza de conservación, la ganadería holística y otras prácticas agropecuarias que permitan hacerlas más eficientes y rentables y disminuir así la destrucción de áreas forestales e inclusive recuperar superficies en prácticas de agroforestería.

Con base en las líneas de desarrollo establecidas, las investigaciones se han encaminado y deben encaminarse a resolver el problema de producción de alimentos sin que esto implique una presión sobre los recursos naturales así como revertir los efectos del deterioro ambiental de una manera sostenible. **¿Las investigaciones en la ciencia del suelo están dirigidas a atender las líneas y estrategias prioritarias del país? ¿A qué nivel**?.

La tecnología e investigación aplicadas en sistemas de producción que se está desarrollando en el país y en Latinoamérica como prioritarias (Steinfield *et al.*, 2006; Leakey, 2009; SNADES, 2010) incluye: (a) Plantaciones silvopastoriles con especies nativas y con especies no maderables (b) Árboles y arbustos forrajeros para la ganadería ovina, (c) Utilización de insumos agroquímicos (básicos, coberteras, barbechos mejorados), (d) Ganadería y su impacto sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, (e) Aprovechamiento de la capacidad fotosintética de varios estratos para intensificar la producción de manera sostenible, (f) Ordenamiento territorial para aminorar la destrucción de bosques y selvas para proveer de alimento al ganado, (g) Transferencia de tecnología que muestre los beneficios de la agroforestería, (h) Tecnologías silvopastoriles zonales como cercos vivos, barreras vivas, cortinas rompevientos y cinturones de protección.

Otros estudios en el área silvopastoril, deben estar dirigido a generar técnicas o información que hagan más eficiente la ganadería y la protección de cultivos lo que incluye la intensificación de los cultivos forrajeros para reducir las emisiones de CO_2 por la deforestación (FAO, 2006; 2014), mejoramiento en los sistemas de pastoreo y en la nutrición de los animales (Sánchez, 2007) tratamiento del estiércol para reducir las emisiones de metano y nitrógeno (Bonilla, 2007). Sistemas

integrados mixtos con árboles forrajeros o multipropósito para corte, donde el componente pecuario se integra al agrícola y en ocasiones al piscícola, en un sistema mixto con complementariedad de especies animales y vegetales (Sánchez, 2007).

Entre las investigaciones tendientes a controlar y reducir en el mediano plazo los ritmos de crecimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero, en países como Estados Unidos se han desarrollado programas como el CQESTR (secuestrador) que permite estimar los cambios en el carbono del suelo controlado por la rotación de los cultivos, las prácticas de labranza, el clima local y el suelo a fin de implementar programas nacionales para incrementar los niveles de carbono en los suelos agrícolas (Rickman *et al*., 2002), o tomar decisiones para la reconversión de los terrenos de cultivo a praderas para un mayor secuestro de carbono (Conant *et al.*, 2002; CGIAR, 2011). En Canadá los estudios se han dirigido a hacer estimaciones rápidas y aproximadas de la cantidad de carbono del suelo que puede ser secuestrado a través de las entradas de residuos de cultivos (Campbell *et al*., 2002). Las cantidades de carbono secuestrado se estiman mediante coeficientes de conversión y están basados en resultados de experimentos a largo plazo conducidos en praderas. Esta misma información se ha utilizado en otras investigaciones para proyectar posibles consecuencias sobre el carbono orgánico del suelo debido a las prácticas agrícolas (Conant *et al*., 2002). **En todas estas investigaciones, el recurso suelo se estudia como investigación aplicada dentro de todo el sistema, no en investigaciones puntuales y aisladas.**

c) Desafíos

El manejo racional de los recursos naturales como un todo, es uno de los retos más grandes que enfrenta la humanidad en el presente siglo. Es tema de preocupación no termina por encontrar de forma asertiva todas las respuestas entre **producción *vs* sostenibilidad**, de manera que terminen en la formulación de un modelo de desarrollo evaluable y congruente en la relación sostenibilidad-producción y sus impactos. El desarrollo sostenible es un proceso dinámico de adaptación, aprendizaje y acción. Se trata de reconocer, comprender y actuar sobre las interconexiones, sobre todo las que existen entre la economía, la sociedad y el entorno natural. Se han tenido avances, pero no han sido ni rápidos ni lo suficientemente profundos, y la necesidad de mayor alcance de las acciones es cada vez más urgente (PR, 2013).

Muchos de los principales retos actuales, tales como la reducción de la pobreza rural, la mitigación del cambio climático, la conservación de la agro-biodiversidad y la lucha contra la desertificación, están estrechamente relacionados con la alimentación y la actividad agrícola , por lo que hay una **urgente necesidad de realizar investigación, desarrollo, y educación** en estas áreas, para formar la próxima generación de líderes y profesionales con un nuevo paradigma para atender estos complejos desafíos (PR, 2013).

La amplitud de los problemas demanda la participación de especialistas de gran capacidad, en el que el trabajo interdisciplinario permita el estudio y el entendimiento de los sistemas de producción como un todo y no en investigaciones aisladas o a escala tan pequeña que no impacta en el sistema de producción-tal como se viene realizando-. La investigación así conducida, demanda un conocimiento íntimo de la realidad de los agricultores y un contacto estrecho con ellos, por lo que el uso de las técnicas participativas será clave en el éxito de la investigación e indiscutiblemente necesaria para la transferencia de tecnología. También se requiere que los proyectos interdisciplinarios que se aborden generen información con aplicaciones inmediatas para los productores, lo que obliga a su vinculación desde el inicio mismo de la investigación. Cada una de las temáticas en que tienen relación lo económico y lo ambiental deberá considerar seriamente que sus objetivos sean realmente sostenibles en el tiempo, asegurando no sólo la satisfacción de las necesidades actuales sino garantizando a las

generaciones futuras su consumo. De lograrse todos estos aspectos, se estaría dando cumplimiento al Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 (Poder Ejecutivo Federal).

Finalmente, hace falta generar un sistema que permita trabajar en actividades conjuntas entre universidades y entidades públicas y privadas de desarrollo (por lo menos promoverlo a nivel personal como investigador) y crear nuevos mecanismos que faciliten el acceso a los estudios producidos en las universidades latinoamericanas, norteamericanas y europeas. También es esencial que las universidades emprendan una reforma curricular de fondo que les permita formar recursos humanos capaces de enfrentar los retos del manejo de los recursos naturales.

Referencias

Burley, J. and A.W. Speedy. 1999. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica". FAO, Roma, Italia. Disponible en: Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica"

Campbell, C. A., B. G. S. McConkey, R. C. Gameda, B. C. Liang, R. P. Zentner and D . Sabourin. 2002. Efficiencies of conversion of residue C to soil C In: Agricultural Practices and Policies for Carbon Sequestration in Soil. Kimble M, Lal R, Follett R F (eds) Lewis Publishers Boca Raton London New York Washington, D.C.

CGIAR. 2011. Research program on climate change, agriculture and food security (CCAFS). Program plan summary. Copenhagen, Denmark. Available online at: www.ccafs.cgiar.org

Conant R. T., Paustian K., E. T. Elliott. 2002. Implications for Carbon Sequestration

DOF. a. 2012. Ley para el Desarrollo Rural Sustentable. Diario Oficial de la Federación. 12, enero.

DOF. b. 2012. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Oficial de la Federación. 4, junio.

DOF. d. 2012, Ley General de Cambio Climático. Diario Oficial de la Federación: 6 de junio.

DOF. e. 2012. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Diario Oficial de la Federación. 4 de abril..

FAO. 2006. Las repercusiones del ganado en el medio ambiente. FAO - http://www.fao.org/ag/esp/revista/0612sp1.htm. Fecha de consulta 26/05/2008.

FAO. 2007. Evaluación de la situación de la seguridad alimentaria mundial. Comité de Seguridad Alimentaria Mundial. 33º período de sesiones, Roma, 7-10 de mayo Ed. FAO.

FAO. 2009. Panorama de la Seguridad Alimentaria y Nutricional en América Latina y el Caribe http://www.rlc.fao.org/es/prioridades/seguridad/pdf/panorama09.pdf

FAO. 2014. Propuesta para la Reforma al Campo en México. Red Mexicana por la Agricultura Familiar y Campesina. Disponible en: http://redie.uabc.mx/vol13no2/contenido-cardosocerecedo.html

IPCC. 2008. Climate change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf

Leakey, R. 2009. Multifunctional agriculture and the opportunities for agroforestry: Implications of the International Assessment of Agricultural Knowledge, Science, and Technology for Development. 2nd World Congress of Agrofrestry. 23-28 august 2009. Airobi, Kenya.

Matthews, R.A. and A. Hammill 2010. Sustainable development and climate change. International Affairs 85(6), pp. 1117-1128.

Objetivos del Milenio. https://www.google.com/search?q=objetivos+del+millenio&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla:es-MX:official&client=firefox-a&channel=fflb&um=1&ie=UTF-8&hl=en&tbm=isch&source=og&sa=N&tab=wi&ei=DlBkUemUBYu-2AXskICoCw&biw=1920&bih=908&sei=ElBkUZ6LBYGy2QXEiYGQAQ#imgrc=cx-NQ1r3mKU9DM%3A%3ByTXLEXrMFslvIM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.kienyke.com%252Fwp-content%252Fuploads%252F2012%252F11%252Fobjetivos-milenio-2.jpg%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.kienyke.com%252Fkien-bloguea%252Fse-cumpliran-los-objetivos-del-milenio%252F%3B1477%3B853

OEA. 2012. Proyecto de declaración de Cochabamba sobre seguridad alimentaria con soberanía en las Américas. Cochabamba, Bolivia. 5 junio. Ed. OEA.

PR. Presidencia de la Republica.2013. Los objetivos de desarrollo del milenio en México: Informe de avances 2013. Gobierno de la República. Logros 2014

Rickman, R. W., L. Clyde, Jr. Douglas, S. L. Albrecht and J. L . Berc. 2002. Predicting Carbon Sequestration in Agricultural Cropland and Grassland Soils. In: Agricultural Practices and Policies for Carbon Sequestration in Soil. Kimble JM, Lal R, Follett R F (eds) Lewis Publishers Boca Raton London New York Washington, D.C.

SAGARPA. 2013. Decreto por el que se aprueba el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018. Diario Oficial de la Nación. Viernes 13 de diciembre, Cuarta sección, pág 50-113

SAGARPA-FAO. 2012. Diagnóstico del Sector Rural y Pesquero. Identificación de la Problemática que atiende PROCAMPO. Disponible en: http://www.sagarpa.gob.mx/programas2/evaluacionesExternas/Lists/Otras%20Evaluaciones/Attachments/22/Procampo%20Diagnostico%20FINAL%2022.03.212.pdf.

Sánchez, D. 2007. Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical. FAO. Roma.

SEMARNAT. 2009. Foro Nacional de Consulta Pública de Estrategia Nacional de Manejo Sustentable de Tierras. Sistema Nacional de Lucha Contra la Desertificación y la Degradación de los Recursos Naturales (SINADES). México. Ed. SEMARNAT.

SNADES. 2010. Estrategia nacional de manejo sustentable de tierras. Sistema nacional de lucha contra la desertificación y la degradación de los recursos naturales. México. http://ss1.webkreator.com.mx/4_2/000/000/03a/e38/3%20ENMST%20Version%20envixf3%20SINADES.pdf

Steinfeld, H., P. Gerber, T. Wassenar, V. Castel, M. Rosales and De. Han. 2006. Livestock´s long shadow-environmental issues and options. FAO. Roma 408 p.

LA CIENCIA DEL SUELO COMO COMPONENTE DE LA NUTRICIÓN Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA

Benavides-Mendoza, A.

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Horticultura
abenmen@uaaan.mx; Calzada Antonio Narro 1923, Saltillo, Coahuila, México. CP 25315; Tel. +52(844)-4110303

Resumen

Nosotros la SMCS, como parte de la sociedad civil, podemos abonar al esfuerzo de la conservación y gestión de los suelos en muchas formas: con educación, investigación, divulgación, gestión social y legal, entre otras. La propuesta de este documento está centrada en promover la cultura de la necesidad de conservar los suelos con los fines prácticos de mantener una buena nutrición en la población y de promover la seguridad alimentaria. La propuesta consta de varios temas que pueden funcionar como ejes de promoción con diferentes niveles de participación y gestión.

Palabras clave

Complejo edáfico; sistema terrestre; servicios ambientales; fertilización; biofortificación; producción agrícola.

Introducción

La importancia de conservación y gestión de la biodiversidad y funcionalidad de los suelos es indudable. Eso lo sabemos todos los especialistas y se ha mencionado en diversos foros, documentos, manifiestos, leyes y reglamentos (Domínguez-Serrano, 2007; Zorrilla-Ramos y Cotler-Ávalos, 2010). Sin embargo, el tema está muy alejado de la cultura de los medios y de la información que circula por la web y redes sociales. Realmente la mayor parte de las personas que dependemos de los suelos para disponer de bienestar, de salud y de cierto nivel de vida y comodidades, así como de alimentos, agua y aire limpios no consideramos en nuestra vida diaria la estrecha liga entre la existencia humana y los suelos (Pepper, 2013).

El hecho no es sorprendente si se toma en cuenta que la magnitud en tiempo y espacio de los sistemas que mantienen la homeostasis planetaria rebasan la escala de la experiencia individual y, en muchos casos, inclusive la experiencia y comprensión global de la especie humana. En otras palabras, el presentar la problemática de los suelos y sus posibles soluciones en niveles abstractos será útil desde el punto de vista técnico, pero no tendrá un impacto en la sociedad y por ende esta sociedad no formará parte del esfuerzo comunitario que se necesita para el cuidado y la gestión de la calidad de los suelos. Si el impacto sobre los ecosistemas obedece a las actividades de todos los humanos entonces lo contrario, el cuidado y promoción de los ecosistemas, también debe ser una actividad de todos los humanos.

Nosotros la SMCS, como parte de la sociedad civil, podemos abonar a este esfuerzo de muchas formas: con educación, investigación, divulgación, gestión social y legal, entre otras. La propuesta de este documento está centrada en promover la cultura de la necesidad de conservar los suelos con los fines prácticos de mantener una buena nutrición en la población y de promover la seguridad alimentaria. La propuesta consta de varios temas que pueden funcionar como ejes de promoción con diferentes niveles de participación y gestión. Lo ideal sería que dicha promoción fuera parte de una

cultura de respeto y cuidado del ambiente, como sucede en muchas sociedades no industriales en donde desde la niñez se inculcan los valores ambientales, muchas veces con disfraces de pensamiento mágico, pero con innegable valor práctico. Por otra parte sería recomendable que los mensajes acerca del cuidado de los suelos tengan el adecuado y necesario balance de piensa global-actúa local, permitiendo gestionar una cultura ecológica que rebase los límites administrativos.

Los suelos no son solo tierra

El suelo es un sistema con funciones de almacén de carbono, de minerales, de agua y de una enorme biodiversidad microbiana, de moluscos, anélidos y artrópodos, entre otros. Además constituye el volumen del planeta de donde depende directamente la agricultura, la ganadería y la actividad forestal. El funcionamiento del sistema suelo se conecta con el de la atmósfera y la hidrósfera, produciendo aire y agua limpios. Desde que nacemos damos por hechos el aire que respiramos y el agua que usamos, pero debe señalarse que esos servicios existen gracias al suelo. Al platicar de los suelos no solamente hablemos de la tierra como material de soporte para las actividades agrícolas, ganaderas o forestales o bien como material sobre el cual construir ciudades o poblados. Mencionemos que los suelos forman parte de un complejo ecológico global que no solo produce alimentos, medicinas, fibra y madera, sino que es el sistema que aporta además muchos servicios ambientales que en conjunto con la tecnología nos mantienen cómodos y con un nivel de vida que en promedio es muy superior al alcanzado en cualquiera de las generaciones humanas anteriores (Keith *et al.*, 2016).

En lo posible debe colaborarse en la gestión y funcionamiento de agendas multinacionales que aseguren que las acciones sociales, económicas y de desarrollo se den en el marco de estrategias ambientales que trasciendan las fronteras. Es difícil, pero necesario.

Es importante recalcar el papel activo que debe tener la especie humana en la administración de los recursos del ambiente, entre ellos el suelo. Ese es el papel deseable de una especie inteligente. El señalar la diferencia entre la mera expoliación y la administración comprometida con el futuro permite aportar un elemento de mayor responsabilidad comunitaria. Definitivamente los ámbitos económico, social y político no pueden quedar excluidos, pero esto no debe ir en detrimento del ámbito ecológico, algo por desgracia muy común.

El cuidado de los suelos tiene como recompensa la buena nutrición y la salud en los humanos

Los suelos sujetos a explotación sufren de degradación. Conforme crece la población humana aumenta la presión y mal manejo sobre los suelos, los cuales sufren de degradación, lo que en turno tiene un impacto negativo sobre la seguridad alimentaria, sobre la calidad y densidad nutricional de los alimentos obtenidos de esos suelos y, por último pero no menos importante, sobre la capacidad que tienen los suelos de aportar aire y agua limpios. Todo ello impacta sobre la salud humana (Oliver y Gregory, 2015).

En México la información oficial acerca de la degradación de suelos recae en las obligaciones del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y en la Dirección de Manejo Integral de Cuencas Hídricas de la SEMARNAT. Las iniciativas son discutidas e implementadas en un esquema transversal por otros organismos como la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA), la Secretaría de Energía (SENER) de la que depende la explotación minera y la generación de energía (hidrocarburos, electricidad y fuentes alternativas), la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA) y la Secretaría de Educación Pública (SEP), entre otras.

El problema de la degradación de suelos está bien identificado en México (SEMARNAT, 2014), y se dispone de estudios acerca de los instrumentos jurídicos necesarios para su impulso (Domínguez-Serrano, 2007). Las necesidades de investigación sobre la degradación de suelos en México también están bien ubicadas y recaen en la responsabilidad del INECC con la corresponsabilidad de Sociedades Científicas, Universidades y Centros de Investigación (Zorrilla-Ramos y Cotler-Ávalos, 2010).

Todo lo anterior señala que el problema de degradación de los suelos está bien reconocido y diagnosticado en México. El problema de fondo es la poca o nula comprensión que tenemos la población mexicana acerca del papel de los suelos en nuestro bienestar y nivel de vida. De allí parten una serie de síntomas manifestados como conflictos entre intereses económicos y políticos, mala planificación (que no se hace bien a causa de los conflictos mencionados) y la consiguiente degradación de los suelos y los ecosistemas. El problema obviamente es multifactorial pero tiene tres facetas principales: (1) la población creciente que impone gran presión ambiental, (2) la cultura del cuidado del suelo que tiene poca presencia en México, pero que afortunadamente es atendida ya por instancias educativas y de gobierno así como parte del esfuerzo de responsabilidad social de diferentes empresas y (3) el anteponer los intereses políticos y económicos al cuidado de los sistemas ecológicos, resultante de una población sin el nivel adecuado de educación en temas del cuidado de los suelos y ecosistemas.

¿Cómo despertar la sensibilidad de la población acerca de la problemática de los suelos degradados? Es complicado porque la cultura ecológica entre la población mexicana es aún incipiente. Pero por medio de mensajes sencillos enfocados a los puntos que causan más presión ambiental es probable que dicha sensibilidad crezca a nivel adecuado. Los temas como el desperdicio de alimentos, el reciclado de basura, el menor uso de pesticidas y fertilizantes convencionales, la aplicación de nuevos pesticidas, fertilizantes y formas de producción de alimentos con mayor efectividad y menor impacto ambiental (Dimkpa y Bindraban, 2016), cambios en los hábitos de consumo de energía y materiales, modificaciones en la dieta que disminuyan el porcentaje de apropiación de la producción primaria neta, etc. Todos ellos pueden formar parte de una campaña de cuidado de los suelos, el agua y la atmósfera. Del mismo modo, el identificar la buena nutrición con la salud, el bienestar y las oportunidades de desarrollo humano (tanto educativo como laboral) puede permitir el deducir que los alimentos con un balance adecuado de nutrimentos y compuestos funcionales, típicos de suelos fértiles o no sujetos a degradación, constituyen el mejor mecanismo de promoción de la salud de la población (Pepper, 2013; da Silva Messias *et al.*, 2015; Oliver y Gregory, 2015).

Los suelos funcionales y biodiversos son la mejor herencia para futuras generaciones

Un suelo que muestra cierto grado de tolerancia a la degradación es un suelo resiliente. La resiliencia es la cualidad que debe promoverse en los suelos, tanto por su impacto positivo en el cuidado de los suelos como en las consecuencias benéficas en la actividad agrícola y ganadera y como fuente de servicios ambientales (Keith *et al.*, 2016). Un suelo resiliente tiene gran cantidad de materia orgánica y una densidad de nutrimentos muy alta, es decir que es un suelo fértil además de fuerte frente a los impactos del clima y del manejo inadecuado. Un suelo resiliente es también un suelo biodiverso, siendo esta biodiversidad la responsable de una buena parte de la capacidad de los suelos para proporcionar servicios ambientales (Wall y Moore, 1999; de Ruiter y Brown, 2007).

La biodiversidad y la funcionalidad de los suelos requieren de un adecuado conocimiento de las bases químicas, biofísicas y biológicas del funcionamiento de los suelos, así como de las interacciones entre los distintos procesos. La comprensión de las sinergias y antagonismos entre los componentes del sistema edáfico requieren de un enfoque de sistemas que se encuentra prácticamente ausente en la investigación sobre suelos en México, y puede ser una excelente oportunidad de colaboración y

desarrollo multidisciplinario. El conocimiento ecológico generado de esta manera puede permitir la sustitución parcial de muchos insumos químicos y energéticos externos a los propios sistemas (Robertson *et al.*, 2014).

Debe mencionarse también que los suelos son una fuente potencial de información valiosa para el futuro. Información fisicoquímica de los procesos globales, pero sobre todo información genómica y metabolómica (para usos medicinales, de bioenergía, biominería, alimentación, etc.) aún no bien estudiada y mucho menos aplicada; esta información tan valiosa y que puede ser una fuente muy grande de riqueza se encuentra por una parte en las interacciones de los componentes minerales y orgánicos, así como en la enorme y biodiversa biomasa microbiana de los suelos del mundo. Bajo el actual esquema productivo que implica la degradación y destrucción de los suelos es probable que se pierda mucha información valiosa; es equivalente a utilizar los volúmenes de la biblioteca de Alejandría para hacer una fogata: está muy bien para no pasar frío y hambre el día de hoy, pero que lástima de información perdida para siempre. El promover la adecuada utilización de estas fuentes de información requiere de un enfoque multidisciplinario basado en la teoría de sistemas, encuadrado en una estrategia global de su administración y aplicación. Considero que toda esta riqueza no utilizada puede ser una herencia valiosa para las futuras generaciones.

Conclusiones

El problema de la degradación de suelos está bien identificado en México. Las necesidades de investigación sobre la degradación de suelos en México también están bien ubicadas, si bien se tiene una ausencia importante de un enfoque de sistemas en la investigación de los suelos y sus procesos.

En la población mexicana tenemos poca comprensión acerca del papel de los suelos en nuestro bienestar y nivel de vida. Una estrategia funcional de cuidado de los suelos requiere del involucramiento activo de toda la población; para ello es clave la información y divulgación certera. Los diferentes temas que pueden funcionar como ejes de promoción con diferentes niveles de participación y gestión entre la población son: los suelos no son solo tierra, el cuidado de los suelos tiene como recompensa la buena nutrición y la salud en los humanos y los suelos funcionales y biodiversos son la mejor herencia para futuras generaciones.

Referencias

Dimkpa, C.O., and P.S. Bindraban. 2016. Fortification of micronutrients for efficient agronomic production: a review. Agron. Sustain. Dev. 36(1): 7.

Domínguez-Serrano, J. 2007. Mapeo retrospectivo de experiencias internacionales como insumo para el análisis del tratamiento institucional del problema de la degradación de suelos. El Colegio de México. Ciudad de México.

Keith, A.M., O. Schmidt, and B.J. McMahon. 2016. Soil stewardship as a nexus between Ecosystem Services and One Health. Ecosyst. Serv. 17:40-42.

Oliver, M.A., and P.J. Gregory. 2015. Soil, food security and human health: a review. Eur. J. Soil Sci. 66(2): 257–276.

Pepper, I.L. 2013. The Soil Health-Human Health Nexus. Crit. Rev. Environ. Sci. Technol. 43(24): 2617–2652.

Robertson, G.P., K.L. Gross, S.K. Hamilton, D.A. Landis, T.M. Schmidt, S.S. Snapp, and S.M. Swinton. 2014. Farming for Ecosystem Services: An Ecological Approach to Production Agriculture. Bioscience 64(5): 404–415.

de Ruiter, P.C., and G.G. Brown. 2007. Soil biodiversity for agricultural sustainability. Agric. Ecosyst. Environ. 121(3): 233–244.

SEMARNAT. 2014. Degradación de suelos en México. El medio Ambiente en México 2013-2014: 12 pag. Available at http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen14/03_suelos/3_2.html (consultado el 28 de julio 2016).

da Silva Messias, R., V. Galli, S.D.D.A.E. Silva, M.A. Schirmer, and C.V. Rombaldi. 2015. Micronutrient and Functional Compounds Biofortification of Maize Grains. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 55(1): 123–139.

Wall, D.H., and J.C. Moore. 1999. Interactions Underground: Soil biodiversity, mutualism, and ecosystem processes. Bioscience 49(2): 109–117.

Zorrilla-Ramos, M., and H. Cotler-Ávalos. 2010. Sistematización de las recomendaciones y propuestas elaboradas durante el Taller "Lineamientos para una Estrategia Nacional de Conservación de Suelos." Instituto Nacional de Ecología. Ciudad de México.

RETOS DE LA CIENCIA DEL SUELO Y SU SOCIEDAD CIENTIFICA EN MEXICO

Gavi-Reyes, F.[1]

[1] **Profesor Investigador Titular del Colegio de Postgraduados. gavi@colpos.mx. Montecillo, Estado de México, México, CP 56230, Tel. 55 4192 4002.**

Resumen

La ciencia del suelo en nuestro país inicia con el Colegio Agrológico de Meoqui, Chihuahua en 1928, como parte de los estudios necesarios para crear áreas de riego en el norte del país. Instituciones nacionales e internacionales han contribuido a su desarrollo. La revolución verde representó un impulso a la ciencia del suelo. Con creciente número de profesionales de la ciencia del suelo y las oportunidades que ofrecía el desarrollo agrícola nacional, la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (SMCS) surge en 1962 para agrupar de manera permanente a los profesionales e interesados en la edafología. Especialmente en el presente siglo la SMCS no ha contado con suficientes recursos económicos para realizar de mejor forma Congresos y sus actividades administrativas, asimismo su presencia en los foros de toma de decisión ha disminuido y su difusión se ha focalizado en la Revista Terra, Congresos y su página de Internet. El interés sobre la ciencia del suelo ha disminuido, por lo que los edafólogos del mundo se encuentran desde al menos un cuarto de siglo en una etapa reflexiva y propositiva para que la ciencia del suelo recobre la importancia que amerita. La declaración del año internacional del suelo, está en este contexto. A nivel nacional existen diversas tareas que los edafólogos deben realizar para fortalecer su ciencia y su sociedad, contribuyendo a enfrentar los retos de seguridad alimentaria, conservación del suelo y agua, cambio climático y protección al ambiente.

Introducción

La ciencia del suelo inicia en México con el segundo cuarto del siglo pasado, de acuerdo con los especialistas a partir del Colegio Agrológico de Meoqui, Chihuahua en 1928 (Ortiz, 2014), como parte de los estudios agrológicos necesarios para la irrigación en México (Laird, 1989). Con el nacimiento y desarrollo de la revolución verde, la ciencia del suelo adquiere relevancia por la necesidad de ofrecer soluciones a los problemas de nutrición de los cultivos, fertilidad del suelo y la interacción de este con la calidad del agua, para aprovechar el potencial genético de las nuevas variedades cultivadas, fundamentalmente en las áreas bajo riego.

Diversas instituciones fomentaron su desarrollo, entre ellas debe destacarse el papel de la Escuela Nacional de Agricultura, la Oficina de Estudios Especiales financiada por el Gobierno mexicano y la Fundación Rockefeller, el Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo, el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, la hoy Universidad Agraria Antonio Narro, la Escuela Superior de Agricultura Hermanos Escobar, el actual Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, y el Colegio de Postgraduados, mediante su oferta educativa de calidad, algunas ofreciendo licenciatura o postgrado en suelos o de manera asociada a otras ciencias, asimismo mediante la investigación y capacitación en temas relacionados con el aprovechamiento sustentable del suelo.

En 1962 la SMCS es constituida con la siguiente misión "La Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo es una asociación civil de carácter científico sin fines lucrativos, que agrupa de manera permanente a los técnicos estudiantes y profesionistas interesados en el desarrollo de las diversas

disciplinas de la Ciencia del Suelo y en el aprovechamiento, conservación y mejoramiento de los suelos de la República Mexicana" (SMCS, http://www.smcsmx.org/mision.php).
A la fecha la han presidido 25 profesionales de las ciencias del suelo y ha realizado 40 Congresos Nacionales desde 1962, algunos Latinoamericanos y uno Internacional. Estos últimos se han realizado como parte de las acciones conjuntas con la Unión Internacional de la Ciencia del Suelo y de la Sociedad Latinoamericana de la Ciencia del Suelo.

Contexto de la SMCS y de la Ciencia del Suelo

Su desarrollo es notorio en cuanto al número de socios y participantes en los diversos congresos que ha organizado. Desafortunadamente al transcurso de los años su membresía en número no ha sido del todo satisfactoria. Asimismo sus esfuerzos de capitalización económica no han satisfecho las expectativas para una mejor organización de diversas actividades incluyendo las administrativas. La presencia de la Sociedad es reducida en los foros de toma de decisión respecto al aprovechamiento sustentable del recurso agua, suelo y atmósfera, recursos que están interrelacionados con la producción de alimentos, madera y fibras, así como con la protección y la conservación ambiental. Sus medios de difusión no han evolucionado ni se han ampliado, centrándose en la revista Terra Latinoamericana y los Congresos. Esta situación debe considerarse en el contexto nacional e internacional.
El contexto económico nacional se ha traducido en una reducción real de los apoyos a actividades de ciencia y tecnología, especialmente para la organización de congresos y operación de las sociedades científicas, aunque es importante destacar y reconocer que en términos absolutos el presupuesto nacional de Ciencia y Tecnología ha aumentado, a una tasa mayor en los últimos años, pasando del 0.26% (1996) al 0.43% (2012) del Producto Interno Bruto (Banco Mundial, http://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS) y que las instituciones federales cuentan con programas de apoyos para la organización de actividades científicas, entre los que se puede mencionar al Programa de Apoyos para actividades científicas, tecnológicas y de innovación-DADC (CONACyT, 2016).
En el contexto académico mundial, se ha documentado un decreciente interés por la Ciencia del Suelo, que se refleja en la menor matricula de estudiantes en dicha ciencia, la desaparición o fusión de los departamentos de suelos con otros dedicados a otras ciencias, entre ellos, ciencias del agua y recursos naturales (Baveye, 2006). En el Contexto nacional se puede mencionar el surgimiento en el año de 1993 de la carrera de Recursos Naturales dentro del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo (UACh, http://www.anech-chapingo.org.mx/histo_suelos.html).
El decreciente interés hacia la edafología, respecto a otras ciencias, se puede deber a que en las instituciones de vanguardia en la ciencia del suelo, los edafólogos han focalizado su actividad en estudios unidisciplinarios, considerados como ciencia básica en las disciplinas de la edafología, y en la formación de recursos humanos, delegando la aplicación de dicha ciencia para la solución de los problemas agrícolas y del medio ambiente a pocas instituciones públicas, así como al decremento relativo de los trabajos de campo (Díaz-Fierros, 2015). Sin duda que hay ejemplos muy sobresalientes de edafólogos que tienen la fortuna de tener contacto cercano con los usuarios directos de la edafología.
Otro de los factores al respecto, puede ser el surgimiento de propuestas interdisciplinarias, que ofrecen soluciones a los problemas del aprovechamiento sustentable del recurso suelo, que contribuyen a enfrentar de manera más directa y rápida los problemas mundiales de seguridad alimentaria, conservación del suelo y agua, cambio climático y protección al ambiente en general. Dichas propuestas integran el conocimiento básico de otras ciencias que se traducen en tecnologías para la gestión innovadora del estudio de suelo y planta (Lombi y Susini, 2009) y el monitoreo y

conservación de los recursos naturales mediante sistemas de información geográfica (Grunwald y Lamsal, 2006), entre otras. Estas disciplinas y sus tecnologías al surgir en una etapa moderna de la sociedad están vinculadas a otros medios de difusión y comunicación, que las hacen más visibles a los tomadores de decisiones y a la sociedad en general, lo cual contribuye a su mejor posicionamiento y mejor percepción como disciplinas que contribuyen con tecnologías para la producción de alimentos y la conservación de los recursos naturales.

Algunas de dichas tecnologías están siendo aceptadas sin demasiada polémica (nuevos insumos de nutrición vegetal, maquinaría agrícola, agricultura de precisión, sistemas de información geográfica, percepción remota, entre otros ejemplos) y otras se encuentran en medio de un debate inconcluso, como es el caso de los organismos genéticamente modificados.

Con las acciones lideradas por la Unión Internacional de la Ciencia del Suelo, entre ellas la celebración en 2015 del año internacional del suelo y su declaratoria del siete de diciembre del mismo año, que enfatiza la multifuncionalidad del recurso suelo y las recomendaciones para el futuro de la ciencia del suelo (IUSS, 2015), la SMCS debería continuar con la tarea de reflexionar para encontrar formas complementarias y nuevas para fortalecerse y contribuir con los retos que enfrenta la ciencia del suelo y coadyuvar a la solución de los grandes problemas que enfrenta la población mundial en general y en particular nuestro país, en materia de producción de alimentos para una población creciente, uso sustentable del agua, conservación del suelo y agua, cambio climático y como proveedor de servicios ecosistémicos. Retos indiscutiblemente asociados a la ciencia del suelo (Bouma y Montanarella, 2016).

Propuestas de reflexión

La parte central de la misión de la SMCS indica que "…agrupa de manera permanente a … interesados en el desarrollo de las diversas disciplinas de la Ciencia del Suelo …". Sería conveniente explicitar el "Para qué"?, ya que al definir su utilidad, la SMCS puede ser de mayor interés a los tomadores de decisiones y los usuarios de las ciencias del suelo. Por ejemplo la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo establece explícitamente sus alcances, entre ellos la trasferencia del conocimiento, ofrecer información sobre el ambiente, certificar y educar en las ciencias del suelo (ASSS, https://www.soils.org/about-society).

Los problemas que enfrentan la producción agropecuaria y la sociedad respecto al ambiente han evolucionado desde la revolución verde a la fecha. Actualmente no sólo existe preocupación por mayores incrementos de producción agroalimentaria, el costo de los insumos ahora ocupa un lugar preponderante en la tecnología a usar, asimismo el impacto ambiental, la mitigación y adaptación al cambio climático es de mayor urgencia atender, mediante propuestas que logren menor emisiones de gases de efecto invernadero, mayor captura de carbono, menor salinización del suelo, menor deforestación, y menor contaminación de cuerpos de agua, entre otros. Estos retos requerirán una solución holística interdisciplinaria (Sims *et al*., 1997; Fujisaka, 1998; Bouma, 2004; Amundson *et al*., 2015) y transdisciplinaria (Bouma y Montanarella, 2016). Como consecuencia de ello ¿se requerirá de una forma diferente de colaboración de los edafólogos con los profesionales de otras disciplinas, de la SMCS con otras sociedades científicas, con los jóvenes interesados en ser profesionales de la ciencia del suelo, y con los usuarios de esta ciencia, incluyendo a los tomadores de decisiones?

Se puede establecer la hipótesis de que la SMCS es poco visible mediante sus actuales medios de difusión, en especial si se considera que la sociedad en general está informándose y asimilando conocimiento a través de diversas tecnologías de la información y la comunicación, entre ellas las redes sociales que ofrece el Internet, el cual ha llegado casi a la mitad de la población mundial y una sola red social es usada aproximadamente por la mitad de los internautas (Richter, 2016). ¿La SMCS

estaría dispuesta a ser más visible complementando sus actuales formas de difusión? Sin dejar de considerar que se requiere de un buen diseño de imagen respaldado por contenidos de calidad.

La SMCS debería considerar las alianzas con otras instituciones públicas o privadas, incluyendo a las organizaciones de productores, los usufructuarios de tierra y aguas, incluyendo las reservas naturales protegidas y unidades de manejo animal. Todos estos usuarios requieren de la ciencia del suelo con un enfoque interdisciplinario y transdisciplinario. ¿La SMCS estará dispuesta a complementar sus ingresos provenientes de membresías y provenientes de convocatorias, con la oferta de servicios? Se podrían considerar los servicios siguientes: estudios de impacto ambiental, estudios de efectividad biológica, certificaciones de profesionistas, educación y capacitación presencial y en línea, entre otros.

Con las reflexiones antes indicadas y sus acciones resultantes que puede emprender, en el corto plazo la SMCS tendría mejores posibilidades de contribuir a cumplir los Objetivos de Desarrollo Sustentable establecidos por las Naciones Unidas, en los cuales aun sin ser mencionada la ciencia del suelo es fundamental (Bouma y Montanarella, 2016). Esto posicionaría a nuestra sociedad como un referente para tomadores de decisiones, estudiantes, científicos, productores, y emprendedores, asimismo facilitaría la gestión de recursos para sus funciones académicas y administrativas.

Conclusiones

En sus 88 años de haber surgido en nuestro país la edafología ha contribuido al establecimiento de zonas de riego y al incremento de la producción agropecuaria y forestal, ha sido cultivada y desarrollada por las instituciones nacionales e internacionales presentes en nuestro territorio, mediante la educación, investigación y capacitación. Con la revolución verde se aceleró su desarrollo, siendo un indicador importante el número de especialistas en suelos, lo cual motivó el surgimiento de la SMCS en 1962. La edafología mundial y nacional, en la segunda mitad del siglo pasado, se ha desarrollado de manera sobresaliente, al mismo tiempo que los problemas en materia de producción de alimentos y medio ambiente se han agudizado. Actualmente se reconoce que dichos problemas son complejos y que su solución no depende de una ciencia sola, por lo que los edafólogos a nivel mundial, por lo menos desde hace un cuarto de siglo, han emprendido una etapa de reflexión sobre los retos de la ciencia del suelo y el papel que deben representar los profesionales de la ciencia del suelo. La SMCS del suelo está llamada a hacer el mismo ejercicio para encontrar mejores formas de fortalecerse como gremio científico, contribuir a la edafología y con ello ayudar, en un ambiente interdisciplinario y transdisciplinarios, a conseguir los Objetivos de Desarrollo Sustentable establecidos por las Naciones Unidas, que tienen que ver con alimentos, salud, agua, clima y biodiversidad.

Referencias

Amundson, R.; A.SS. Berhe, J.W. Hopmans, C. Olson, A E. Sztein, y D. L. Sparks. 2015. Soil and Human Security in the 21st Century. Soil Science: 248 (6235): 1261071-1_6.

Baveye, P. 2006. A Future for Soils Science. Journal for Soil and Water Conservation. 61 (5): 148A.

Bouma, J. 2004. Facing Future Challenges for Soil Science!. SuperSoil 2004: 3rd Australian New Zealand Soils Conference, 5 – 9 December 2004, University of Sydney, Australia. Published on CDROM. Website www.regional.org.au/au/asssi/.

Bouma, J. y L. Montanarella. 2016. Facing policy challenges with inter- and transdisciplinary soil research focused on the UN Sustainable Development Goals. Soil (2):135–145.

Banco Mundial, s/f. Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB). Internet URL: http://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS consultado el 29 de julio de 2016.

CONACyT, 2016. Convocatoria del Programa de Apoyos para actividades científicas, tecnológicas y de innovación-DADC. Internet URL: http://conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/convocatorias-y-resultados-conacyt/convocatoria-del-programa-de-apoyos-para-actividades-cientificas-tecnologicas-y-de-innovacion-dadc consultado el 29 de julio de 2016.

Díaz-Fierros, V.F. 2015. What Does the Future Hold for Soil Science? SJSS 5(1): 54-59.

Fujisaka, S. 1998. Challenges facing soil science: A view from the outside. In: Congrès Mondial de Science du Sol = World Congress of Soil Science = Bodenkundlicher Weltkongress = Congreso Mundial de la Ciencia (16: 1998: Montpellier, France). Actes = Proceedings. Centre de Coopération Internationale en Recherches Agronomiques pour le Développement, Montpellier, FR. p. 1-3. Internet URL: http://natres.psu.ac.th/Link/SoilCongress/intro/fujia.pdf

Grunwald, S. y S. Lamsal. 2006. The impact of emerging geographic information technology on soil-lanscape modeling. In: S. Grunwald, editor, Environmental soil landscape modeling. Taylor and Francis, Boca Raton, FL. p. 127–154.

IUSS. 2015. Vienna Soil Declaration "Soil matters for humans and ecosystems" December 7, Viena Austria. Internet URL: http://iuss.boku.ac.at/files/vienna_soil_declaration_december_7_.pdf

Laird, J.R. 1989. Evolución de la Ciencia del Suelo en México y los desafíos del futuro. Terra 7: 173-189.

Lombi, E. y J. Susini. 2009. Synchrotron-based techniques for plant and soil science: opportunities, challenges and future perspectives. Plant Soil 320:1–35.

Ortiz, S.C. 2014. Origen y Evolución de la Ciencia del Suelo. In: Conferencia Año Internacional del Suelo. Internet URL: https://www.youtube.com/watch?v=vjxszNFDxqE consultado el 29 de julio de 2016.

Ritcher, F. 2016. Facebook Users Show No Signs of Tiring. Publicado el Julio 29 en Statista. Internet URL: https://www.statista.com/chart/5380/facebook-user-engagement/

Sims, J.T.; S.D. Cunningham, y M.E. Summer. 1997. Assessing Soil Quality for Environmental Purposes: Roles and Challenges for Soils Scientists. J. Environ. Qual. 26:20-25.

SMCS, s/f. Misión de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. http://www.smcsmx.org/mision.php consultado el 29 de julio de 2016.

UACh, s/f. Historia del Departamento de Suelos. http://www.anech-chapingo.org.mx/histo_suelos.html consultado el 29 de julio de 2016.

LA CIENCIA DEL SUELO EN MÉXICO: PERSPECTIVAS, RETOS, OPORTUNIDADES

Cueto-Wong, J.A.[1]

[1] CIRNOC – INIFAP, Campo Experimental La Laguna, Investigador, Presidente de la SMCS y SLCS 2005 – 2007
Autor responsable: cueto.jose@inifap.gob.mx; Tel. +52(871)-261-8034; oficina: 01800-088-2222 ext. 82438

Antecedentes

La población mundial actual es de aproximadamente 7250 millones y se estima en el año 2050 será de alrededor de 9000 millones (FAO, 2015). Esto significa que para ese año cerca de 2000 millones de seres humanos estarán demandando no solo alimentos para consumo directo, sino materias primas diversas como forrajes y granos para la alimentación de diversas especies animales, fibras, madera, aceites, combustibles, etc. Si bien es cierto que es perfectamente factible obtener alimentos y materiales vegetales diversos sin suelo (hidroponia, aeroponia, etc.) la realidad es que prácticamente la totalidad de este tipo de productos dependen de manera directa de los suelos y en particular de su capacidad productiva.

Derivado de las actividades productivas primarias de los sectores agropecuario y forestal, es bien conocido que los suelos nacionales se han venido deteriorando, reduciendo su capacidad productiva debido principalmente a la erosión hídrica y eólica, la intensificación de la productividad y al desconocimiento de los ajustes tecnológicos y de manejo necesarios (INEGI, 2015). En mi experiencia, el deterioro de los suelos con uso agrícola está siendo ocasionado tanto por pequeños productores en su lucha por la sobrevivencia como por los medianos y grandes productores en su afán por lograr mayores rendimientos unitarios y rentabilidad en sus sistemas de producción. Otras causas del deterioro de los suelos pueden ser relacionadas con el cambio climático y el manejo de suelos de ecosistemas forestales ya sea por sobre explotación de los bosques o por cambios del uso del suelo a actividades agrícolas o pecuarias sin la debida tecnificación.

En el sector agropecuario, en sistemas de producción intensivos bajo riego, a la pérdida de la fertilidad del suelo habrá que agregar el incremento de la salinización de los suelos en regiones áridas y semiáridas, el daño en las propiedades físicas tales como estructura y compactación, así como la pérdida de diversidad biológica en sistemas con poca o nula rotación de cultivos. A lo anterior habrá que agregar la contaminación que se está ocasionado en suelos, cuerpos de agua superficiales y/o subterráneos (Cueto *et al*., 2005) y la atmósfera debido a las cantidades no controladas y no tecnificadas que los suelos están recibiendo de fertilizantes sintéticos, estiércoles, compostas (Figueroa *et al*., 2015; Cueto *et al*., 2013), aguas residuales no tratadas y desde luego de algunos pesticidas.

La parte positiva de esta presentación consiste en comentar basado en mi experiencia que los especialistas en suelos mexicanos contamos con las bases teóricas y técnicas para diagnosticar y en su caso aplicar el conocimiento necesario para proponer alternativas de solución viables de la gran mayoría de los problemas mencionados. Sin embargo, considero necesario en primer lugar un diagnóstico de nuestro gremio de especialistas en suelos, nuestra SMCS y las instituciones del sector agropecuario que trabajan temas relacionados con la ciencia del suelo. De igual manera se hace necesaria una reflexión autocrítica y propositiva, con el fin de sugerir ajustes, cambios, colaboraciones y vinculación hacia el interior y entre nuestras instituciones, la SMCS, los sectores productivos agrícolas, pecuarios, forestales y ambientales, así como con actores relevantes de la sociedad civil en general.

Propuestas

A continuación planteo una serie de temas y actividades con el único objetivo de que puedan ser tomadas en consideración para revitalizar nuestra especialidad y desde luego nuestra SMCS. También comento que toda

propuesta de cambio y mejora debe ser bienvenida, pero será aún mejor si especificamos la manera en estamos dispuestos a colaborar.

1. Diagnóstico de especialistas en suelos y agentes de cambio relacionados con alguna de las diferentes disciplinas de la ciencia del suelo.

El objetivo de este punto es proponer la realización de un análisis integral de la disciplina de suelos, así como de las actividades de los académicos, investigadores, agentes de cambio especialistas en suelos o bien de personas e instituciones públicas y privadas desarrollando actividades relacionadas con la ciencia del suelo que puedan tomarse como base para la detección de problemas, riesgos, retos y oportunidades y que nos presente información al menos sobre:

a. Instituciones y programas en los que estamos involucrados.
b. Nuestras actuales actividades de investigación y desarrollo tecnológico.
c. Nuestras interacciones con otras disciplinas científicas y tecnológicas como biotecnología, nanotecnología, salud, mecánica, eléctrica, mecatrónica, robótica, astronomía, arqueología, arquitectura, ingeniería civil, etc.
d. Nuestras experiencias de participación en programas a nivel federal, estatal, municipal.
e. Nuestras experiencias de colaboración con empresas privadas, productores y agentes de cambio.
f. La formación de las nuevas generaciones de especialistas a nivel licenciatura y posgrado.
g. Nuestra interacción con escuelas públicas y privadas de enseñanza básica, media y superior, con organizaciones no gubernamentales relacionadas, con la sociedad civil en general.

2. Temas de investigación actuales en el INIFAP.

El objetivo de este punto es dar a conocer a colegas de otras instituciones los temas en los que estamos trabajando como base para la búsqueda de colaboración interinstitucional, pero también para el desarrollo de nuevos proyectos de investigación científica, tecnológica o de servicios especializados. Por ejemplo, en el INIFAP los especialistas en suelos actualmente trabajamos en temas que incluyen:

a. La generación de recomendaciones de fertilización mediante métodos convencionales e indirectos para diferentes cultivos, ambientes y tipo de productores.
b. La revisión de metodologías de análisis de suelos actualmente empleadas para la adecuada caracterización de los suelos.
c. El potencial de métodos como la espectroscopía en el infrarrojo cercano o medio para la determinación indirecta de propiedades físicas y químicas del suelo.
d. La determinación de la capacidad de los suelos para la captura de carbono y la mitigación del cambio climático.
e. La cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero en suelos abonados con diferentes tipos y dosis de fertilizantes nitrogenados sintéticos u orgánicos.
f. La contaminación de cuerpos de agua por deficiente manejo de la fertilización.
g. El potencial de la labranza de conservación para el mejoramiento de los suelos, el ahorro en el uso de combustibles fósiles, el incremento en la rentabilidad de los cultivos y la mitigación del cambio climático.
h. El desarrollo y prueba de nuevos biofertilizantes.
i. Las alternativas de solución a problemas específicos en diferentes regiónes como salinidad, sodicidad, acidez, etc.

3. Temas que demandan mayor atención:

En este punto planteo la atención sobre temas diversos relacionados con la ciencia del suelo y los miembros de la SMCS.

a. Acelerar el proceso de capacitación de investigadores jóvenes para tratar de asegurar un adecuado relevo generacional.
b. Trabajar hacia el interior de nuestras instituciones y con otras como el CONACYT en la necesidad de modernizar la infraestructura analítica, incluyendo laboratorios, equipos y desde luego personal analista.
c. Incrementar la capacitación de especialistas y agentes de cambio en técnicas de muestreo, manejo y análisis de muestras de suelos, y por supuesto sobre la interpretación, alcances y limitaciones de los resultados de los análisis de suelos para diferentes finalidades.
d. Considera deseable involucrar en nuestras instituciones a la mayor cantidad posible de estudiantes de licenciatura y posgrado en actividades de investigación y desarrollo de proyectos relacionados con el diagnóstico, uso y manejo de los suelos.
e. Realizar actividades de promoción en escuelas de educación básica, media y superior así como en la sociedad civil en general, la Ciencia del Suelo, la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, nuestras actividades y potencial para contribuir a la solución de problemas agropecuarios, forestales y ambientales.
f. Promover una mayor participación de miembros de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo en foros internacionales relacionados con nuestro quehacer.
g. La divulgación de oportunidades de trabajo para especialistas en nuestras instituciones.

4. **Temas de investigación relacionados con la ciencia del suelo** en los que considero que debe ponerse mayor esfuerzo, recursos humanos y económicos en el INIFAP.

En el mundo entero se han ya realizado varios esfuerzos a través de los años para definir los temas de investigación que deberían ser abordados para contribuir a satisfacer las necesidades de alimentos y materias primas de la generación presente y de las futuras (Baveye *et al*., 2011; SSSMJ, 2011). Mi contribución en este punto pretende tan solo plantear desde mi particular perspectiva algunos de los temas de investigación que estamos requiriendo en México, pero que además considero que tenemos los recursos humanos y la infraestructura de investigación para realizarlos en nuestras instituciones.

a. Fijación biológica de nitrógeno sobre todo en leguminosas para grano.
b. Eficiencia de recuperación de fertilizantes y abonos nitrogenados.
c. Potencial de los suelos con uso agropecuario y forestal para la captura de carbono y la mitigación de cambio climático.
d. Potencial de nuevos métodos, equipos y tecnologías indirectos para diagnosticar propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos.
e. Investigación sobre contaminación de suelos por uso excesivo de pesticidas.
f. Investigación sobre nuevos biofertilizantes.
g. Desarrollo de nuevos fertilizantes: liberación regulada del N, inhibidores de la nitrificación, nanofertilizantes, etc.

5. **Acciones propuestas.**

Que la actual Mesa Directiva de la SMCS:

a. Coordine la realización de un diagnóstico integral de los especialistas en suelos en México.
b. Emita una convocatoria a miembros de la SMCS y coordine el desarrollo de un Plan de Trabajo consensuado en el que se indiquen objetivos y metas a corto, mediano y largo plazo, así como los indicadores de cumplimiento correspondientes.
c. Coordine la elaboración de una agenda de investigación científica, tecnológica y de servicios con los temas relevantes relacionados con la ciencia del suelo y que sea promovida entre fuentes nacionales e internacionales con potencial para financiar proyectos.
d. Emita una convocatoria entre sus miembros para que los interesados nos autopropongamos para colaborar en las acciones definidas en el Plan de Trabajo.
e. Diseñe una estrategia para la inclusión de temas relevantes de la ciencia del suelo en las agendas de dependencias federales y estatales relacionadas con nuestro quehacer como por ejemplo SAGARPA, SEMARNAT, CONAFOR, CONACYT.
f. Proponga una estrategia para la obtención de fondos privados o públicos para la operación de la SMCS mediante la prestación de algunos servicios que estemos dispuestos a proporcionar de manera altruista los miembros de la SMCS.

Referencias

Baveye, P. C., Rangel, D., Jacobson, A. R., Laba, M., Darnault, C., Otten, W., et al. 2011. From dust bowl to dust bowl: soils are still very much a frontier of science. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 75: 2037–2048. doi:10.2136/sssaj2011.0145.

Cueto W., J.A., D.G. Reta S., G. González C., I. Orona C. y J. Estrada A. 2005. Características químicas de aguas de pozos profundos del acuífero de Villa Juárez, Durango. AGROFAZ 5(2):869-874.

Cueto-Wong J.A., D. G. Reta-Sánchez, U. Figueroa-Viramontes, H. M. Quiroga-Garza, A. Ramos-Rodríguez, J. J. Peña-Cabriales. 2013. Recuperación de nitrógeno aplicado en forma fraccionada en maíz forrajero utilizando ^{15}N. Ingeniería Agrícola y Biosistemas. 5(1):11-16.

Figueroa-Viramontes U., J.A. Delgado, J.A. Cueto-Wong, G. Núñez-Hernández, D.G. Reta-Sánchez, K.A. Barbarick. 2011. A new nitrogen index to evaluate nitrogen losses in intensive forage systems in Mexico. Agriculture, Ecosystems and Environment. 142:352-364.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2015. Statistical Pocketbook: World food and agriculture. Rome, Italy. ISBN 978-92-5-108802-9.

Instituto Nacional de Geografía y Estadística. 2015. Estadísticas a propósito del Día Mundial del suelo (5 de diciembre). Aguascalientes, Ags. México. 9 p.

Soil Science Society of America. (2011). *Grand Challenge. SSSA Soil Policy Office*. Washington, DC. Disponible en línea en:
www.soils.org/files/sciencepolicy/sssagrandchallenge2011.pdf
(http://www.soils.org/files/sciencepolicy/sssagrandchallenge2011.pdf).

LA SITUACION ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO EN MEXICO

Salazar-Sosa, E.[1]

[1] Tecnológico Nacional de México- Tecnológico de Torreón. Correo: enmageel1@yahoo.es, Torreón, Coahuila, México.

Introducción

La Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (SMCS) es una asociación civil que está integrada aparte de los socios especialistas en el recurso suelo y aéreas afines, estudiantes, productores y técnicos que de alguna manera están trabajando en alguna de las disciplinas que comprende la sociedad. Desde luego que lo anterior es de importancia en el desarrollo, producción y productividad del recurso suelo a nivel región y país para hacer un uso sustentable de mismo. De la participación y entrega de todos los sectores ya mencionados depende el uso y manejo de suelo para su conservación y mantenimiento de su calidad.

Objetivo

El objetivo de este trabajo es el de dar a conocer las experiencias que un servidor ha tenido como ex presidente de la SMCS y socio desde hace más de 20 años así como las prospectivas que esta sociedad tiene para las próximas generaciones y la sociedad en general.

Situación Actual de la SMCS

Actualmente la SMCS carece de un número de socios con membrecía pagada que se a disminuido en los últimos años por las causas antes mencionadas así como también con unas revista indexada al menos en las de excelencia de CONACYT y aunque abra muchísimas excusas de los porque paso esto es necesario unir esfuerzos y volver a buscar la manera de regresarla a este nivel. Considerando un buen editor o una comisión que haga un

excelente diagnóstico del porque paso esto y después plante alternativas de solución al problema. Otro aspecto importante es que en los últimos años no se han fortalecido las unidades estatales, ni se han incrementado por falta de conocimiento y difusión de las ventajas que están representan para el estado correspondiente. Tampoco se han incrementado las publicaciones didácticas, libros, libros por simposio que permitan actualizar e incrementar el acervo bibliográfico de los técnicos e investigadores involucrados en estudio y manejo del recurso suelo.

Toda la difusión que actualmente tiene la sociedad es solo el congreso anual con un número muy reducido de simposio en el país lo que ha también llevado a un desinterés por la comunidad científica en la sociedad. Otro punto importante es la falta de participación científica de la Sociedad en organismo gubernamentales y privados que da alguna manera están relacionados con el uso y aprovechamiento del recurso suelo es decir se toman decisiones a lo general sin considerar lo finito para su aprovechamiento óptimo, hasta cierto punto abuzando de la nobleza de este recurso para producir algo, ya que si se maneja en forma muy general algo produce sin con considerar el deterioro

de su fertilidad natural, su capa productiva y su calidad. Es decir cuando se habla de sequía, exceso de agua y su aprovechamiento, erosión, manejo excesivo del recurso suelo, todo mundo es experto sin saber a detalle el efecto cualitativo y cuantitativo del deterioro del recurso y mucho menos de técnicas de manejo adecuado para su recuperación. Entre otras.

Que se plantea para ir solventando los puntos tratados en lo anterior:

1. Que se formen comisiones sede no más de tres personas que analicen y planten alternativas de solución para atender los de la revista Terra Latinoamericana.
2. Que se forme una comisión que establezca un enlace nacional e internacional a detalles con otras instituciones involucradas en el uso y manejo del suelo y que cada año presenten un informe en el congreso nacional.
3. Que se forme una comisión para que de alguna manera busque que los productos de los investigadores en la sociedad: artículos científicos, libros, folletos técnicos, demostraciones agrícolas, desarrollos tecnológicos, tesis de maestría y doctorado, entre otros tengan más presencia en el SNI, cuerpos académicos etc. Para que el investigador se motive a realizar dichos productos con más frecuencia dentro de la sociedad.
4. Que se realicen proyectos de investigación, al menos uno por estado por socios de la SMCS utilizando el geniecito de la sociedad ante CONACyT, SAGARPA, asociaciones de productores entre otros para incrementar el interés y presencia de este en el sector social.
5. Que se incrementen las delegaciones por estado y que los socios de la SMCS en cada uno de ellos o entre estados realicen actividades científicas para incrementar el conocimiento técnico de uso y manejo eficiente del recurso suelo en todos los niveles, primario, secundario, medio superior y superior.
6. Se incremente la participación de los socios a nivel internacional estableciendo convenio como sociedad con otras relacionadas con el recurso suelo.
7. Que se incremente el número de simposio en todos los niveles de educación desde primaria hasta posgrado, con conferencia magistrales de los socios, no solo en el congreso nacional sino también a nivel estado.

Si en conjunto y con la mejor intención de colaborar con la SMCS sin complejos y/o acusaciones criticas es posible que nuestra sociedad cambie en el futuro y sea más representativa y atractiva como sociedad científica no solo para los socios sino también para todos aquellos que les interesa el desarrollo sustentable y potencial del país con respectos a todo aquello que esté relacionado con el uso y conservación de este recurso noble y muy deteriorado como los el SUELO, entonces así y solo así podemos emigrar satisfechos de que hemos cumplido como ciudadanos responsable y técnicamente bien intencionados.

Referencias

SMCS, 2016. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C. consultado el 20 de Agosto de 2016: http://www.smcsmx.org.
Terra, 2016. Revista Terra Latinoamericana. Consultado el 20 de Agosto de 2016: http://www.revistas-conacyt.unam.mx/terra/index.php/terra/index).

Simposio 2:

RED TEMÁTICA NACIONAL DE LABORATORIOS PARA EL ANÁLISIS, USO, CONSERVACIÓN Y MANEJO DEL SUELO

ESTADO DEL ARTE DE LA RED NACIONAL DE LABORATORIOS PARA EL ANÁLISIS, USO, CONSERVACIÓN Y MANEJO DEL SUELO

Cuevas-Corona, R.M[1*]; Saynes-Santillán, V.[3]; Báez-Pérez, A.[6]; Cruz-Gaistardo, C.O.[5]; Cueto-Wong, J.A.[6]; Etchevers-Barra, J.D.[3]; González-Acuña, I.J.[6]; Guerrero-Peña, A.[3]; Hidalgo-Moreno, C.[3]; Jarquín-Sánchez, A.[4]; Leyva-Reyes, J.C.[2]; López-Anaya, M.A.[4]; Martínez-Vargas, M.[5]; Padilla-Cuevas, J.[3].

[1]Coordinación General de la Red Nacional de Laboratorios para el Análisis, Uso, Conservación y Manejo del Suelo.
[2]Comisión Nacional Forestal.
[3]Colegio de Postgraduados.
[4]El Colegio de la Frontera Sur.
[5]Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
[6]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.
*Autor responsable: rosochkaa@gmail.com; Calle Salvador Díaz Mirón Núm. 205, Col. Santa María la Ribera, Ciudad de México. México. CP 06400.

Resumen

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), a través del Proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur, trabajó en la conformación de una Red Nacional de Laboratorios (REDLABs) mediante una Estrategia de Fortalecimiento de capacidades para mejorar y homologar las metodologías que se emplean en laboratorio para la determinación del contenido de carbono (C) en Muestras de Suelo y Material Vegetal (MSMV), colectadas a través del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS) de la CONAFOR. El interés del Proyecto fue disminuir el grado de error vinculado a las mediciones de C en MSMV**,** para lo cual se trabajó en la creación de esta REDLABs. Los aspectos más importantes en la fase de conformación de la REDLABs fueron**:** 1) Equipamiento (incrementar su infraestructura, nivel y capacidad analítica); 2) Asegurar la calidad de los resultados que emitan sus integrantes mediante la participación en Programa de Intercomparación de Análisis de Suelos y Plantas y la implementación de procesos de control de calidad analítica; 3) Capacitación mediante cursos-talleres teórico-prácticos asociados a C. Los aspectos más importantes en la fase de consolidación de la REDLABs son**:** 1) Análisis de las MSMV del Tercer Ciclo del INFyS; 2) Reconocimiento como Red de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Tecnología Forestal de CONAFOR; 3) Reconocimiento como Red Temática Nacional del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT).

Palabras clave
Calidad analítica; Red Nacional de Laboratorios; Análisis de suelos.

Introducción

Antecedentes
En el año 2010, los Gobiernos de Noruega y México firmaron un Memorando de Entendimiento de Cooperación en temas de Medio Ambiente, Bosques y Cambio Climático. Como parte de esta colaboración, la CONAFOR a través del Proyecto Fortalecimiento del Proceso de Preparación REDD+ en México y Cooperación Sur-Sur (REDD-Sur-Sur) trabaja en el diseño e implementación

del Sistema Nacional de Medición, Reporte y Verificación (MRV) de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del sector forestal, derivadas de cambios en los cinco principales almacenes de carbono (*i.e.*, biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, mantillo y suelo).

Como parte del sistema MRV se cuantifica la incertidumbre asociada a las estimaciones de emisiones de GEI, y se busca disminuir en la medida de lo posible dicha incertidumbre. Uno de los principales retos del sistema MRV se encuentra en las estimaciones de las emisiones de GEI del suelo, ya que debido a su gran variabilidad espacial se requiere de mayor recurso económico y humano para caracterizarlo.

En el caso del muestreo de suelo, se identifica que las fuentes de incertidumbre se encuentran en el diseño de muestreo, la metodología, la toma de la muestra y las determinaciones de laboratorio (Sabine *et al* 2004, Houghton 2005, Liski *et al* 2005, LeMay y Kurz 2008, Gardi *et al* 2014, Morfín *et al* 2015). Es por ello que la CONAFOR junto con el Proyecto, trabajan en las mejoras para disminuir la incertidumbre en estos cuatro temas, reforzando el muestreo de suelos del INFyS.

Enfocándose en las mejoras a las determinaciones de C en laboratorio, el Proyecto planteó la conformación de la REDLABs la cual surgió de una *Estrategia de Fortalecimiento* a laboratorios nacionales enfocada a las determinaciones de C del suelo, y cuyo objetivo fue homologar las metodologías y los protocolos de control de calidad analítica, para asegurar la comparabilidad de los datos (Cuevas, 2016).

Como parte de la estrategia de fortalecimiento a los laboratorios se realizó una evaluación y se identificaron cinco áreas de oportunidad para el mejoramiento de los laboratorios y en las cuales se enfocaría el trabajo de implementación de la estrategia; estas áreas se asociaron a infraestructura, nivel analítico, capacidad analítica, control de calidad y número de metodologías para la determinación de C en MSMV. Mediante la implementación de la *Estrategia de Fortalecimiento* a los Laboratorios se trabajó en: 1) Estandarización entre los integrantes que conforman la REDLABs, las áreas identificadas para fortalecimiento; 2) Disminución del grado de error vinculado a la determinación de C en MSMV; 3) Estandarización de enfoques de medición y análisis de datos (Cuevas, 2016).

Materiales y Métodos

Fase 1: Conformación de la REDLABs mediante el planteamiento y desarrollo de una Estrategia de Fortalecimiento

En el segundo semestre del 2013, el Proyecto REDD-Sur-Sur implementó la *Estrategia de Fortalecimiento* a laboratorios nacionales con el fin de establecer una Red distribuida a lo largo del territorio que ofreciera la misma calidad analítica en determinaciones de C en suelo y material vegetal, para los análisis en laboratorio de las muestras derivadas del INFyS de la CONAFOR.

El procedimiento para desarrollar la *Estrategia de Fortalecimiento* consistió en cinco pasos: 1) Descripción de las capacidades analíticas requeridas y recursos técnicos necesarios para dar soporte al análisis en laboratorio de muestras de suelo y material vegetal del INFyS; 2) Identificación y selección de los laboratorios que realizan determinaciones de carbono en suelo y material vegetal a nivel nacional, y de acuerdo a las regiones de la CONAFOR; 3) Evaluación y análisis de las capacidades técnicas e institucionales de los laboratorios con el fin de identificar las áreas que necesitaran fortalecimiento; 4) Planteamiento de la *Estrategia de Fortalecimiento* con el propósito de robustecer las áreas identificadas; 5) Definición del plan de acción para la implementación de la *Estrategia de Fortalecimiento* a corto y mediano plazo.

Fase 2: Consolidación de la REDLABs mediante la implementación de la Estrategia de Fortalecimiento

Una vez seleccionados los laboratorios e identificadas sus áreas de fortalecimiento, se realizó el cálculo del presupuesto necesario para la implementación de la *Estrategia de Fortalecimiento* y por ende de la conformación de la *REDLABs*.

El trabajo realizado por la *REDLABs* en coordinación con el Proyecto, concentró sus esfuerzos en fortalecer las cinco áreas identificadas, enfocándose principalmente en capacitación, equipamiento y control de calidad analítica. Además, la *REDLABs* está en una fase de exploración e implementación de metodologías alternativas y costo-efectivas para la determinación de C, un ejemplo de ello es la metodología de Espectroscopia del Infrarrojo Cercano (NIR, por sus siglas en inglés), que promete minimizar los tiempos y costos analíticos y maximizar la capacidad analítica.

Estos esfuerzos han sido realizados en estrecha colaboración con la Gerencia del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal y la Gerencia de Restauración Forestal de la CONAFOR. Esta colaboración consistió en consensuar y definir lo relativo a la entrega (*i.e.*, protocolos de entrega y recepción) y análisis (*i.e.*, variables fisicoquímicas requeridas) de las MSMV colectadas por el INFyS, con el fin de coordinar y asegurar la transferencia de muestras entre las empresas que levantan la información en campo y los laboratorios.

Resultados y Discusión

Fase 1: Conformación de la REDLABs mediante el planteamiento y desarrollo de una Estrategia de Fortalecimiento

En una primera fase se identificaron los laboratorios que realizaban determinaciones de carbono en suelo y material vegetal (23 laboratorios distribuidos en 16 estados de la República, pertenecientes a 11 instituciones), de estos se preseleccionaron 15 que cumplieron con la mayoría de los criterios establecidos (*i.e.*, interés y disposición en participar, instituciones públicas y de investigación, laboratorios de suelos o afines, poseer 10 años de experiencia en implementación de metodologías asociadas a carbono y que realicen al menos 2 de las 5 existentes). Por último, estos 15 laboratorios fueron sometidos a diversas evaluaciones con el fin de seleccionar las mejores opciones para conformar la *REDLABs*, de este ejercicio resultaron ocho laboratorios de cuatro instituciones nacionales (INIFAP, COLPOS, ECOSUR e INEGI) con la mejor capacidad y experiencia analítica (Ver Tabla 1).

Estado	Ciudad	Institución	Laboratorio
Tabasco	Villahermosa	ECOSUR	Laboratorio de Biogeoquímica
Chiapas	San Cristóbal de las Casas	ECOSUR	Laboratorio de Suelos y Plantas
Tabasco	Cárdenas	COLPOS	Laboratorio Agroindustrial, Suelos, Plantas y Agua (LASPA)
Edo. Mex.	Texcoco	COLPOS	Laboratorio de Fertilidad de Suelos Química Ambiental
Aguascalientes	Aguascalientes	INEGI	Laboratorio de Análísis de Materiales (LAM)
Guanajuato	Celaya	INIFAP	Laboratorio Nacional de Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal
Nayarit	Santiago Ixcuintla	INIFAP	Laboratorio Nacional de Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal
Durango	Gómez Palacio	INIFAP	Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera (CENID RASPA)

Tabla 1. Laboratorios e instituciones integrantes de la Red Nacional de Laboratorios.

Fase 2: Consolidación de la REDLABs mediante la implementación de la Estrategia de Fortalecimiento

Con el fin de asegurar el cumplimiento de los compromisos establecidos entre la CONAFOR y la *REDLABs*, a principios del 2015 se firmó un Convenio General de Colaboración Interinstitucional

que establece la conformación de la *REDLABs* con el fin de robustecer la capacidad analítica en las determinaciones asociadas a la cuantificación de C MSMV de los ecosistemas terrestres del país, representados por el INFyS de la CONAFOR.

Para lograr una mayor certeza en la determinación de C en MSMV, se buscó que la *REDLABs* contará con capacitación (curos-talleres teórico-prácticos relativos a C), homologación de sistemas de recepción y preparación de muestras, estandarización de protocolos metodológicos, uso de equipos automatizados para asegurar análisis rápidos, confiables y precisos, captura de resultados en formatos estandarizados e implementación de diversos procesos de control de calidad analítica (*i.e.*, participación regular en Programas de Intercomparación mediante pruebas de aptitud técnica, calibración de metodologías analíticas mediante el uso de materiales de referencia certificados, validación de metodologías, uso de muestras doble y patrón, etc.).

Costo de la implementación de la Estrategia de Fortalecimiento

El presupuesto ejercido por parte del Proyecto para la implementación de la *Estrategia de Fortalecimiento* corresponde a $ 709,214.28 dólares americanos, de los cuales $ 270,586.17 fueron asignados para el análisis en laboratorio de las muestras de suelo provenientes del tercer ciclo del INFyS de la CONAFOR, $ 71,142.33 para cursos-talleres teórico-prácticos de capacitación (se realizaron un total de 8 talleres en un lapso de un año) y $ 367,485.78 para equipamiento de la *REDLABs* (Los equipos adquiridos se asocian a más de 70 y corresponden a autoanalizadores elementales, muflas, hornos, balanzas, reguladores, molinos, calcímetros, automuestreadores, gases especiales etc.).

Tercer Ciclo del INFyS de CONAFOR

La *REDLABs* está por concluir los análisis de las muestras de 1370 conglomerados considerados para el Modulo E-Suelos provenientes del muestreo 2015 del INFyS y que corresponden aproximadamente a 57,000 análisis (C orgánico, C inorgánico, C total, N total, pH, textura, densidad aparente, etc.) de los cuales alrededor de 15,000 análisis (C y N total) se realizaron mediante equipos y métodos automatizados que resultan ser más rápidos, confiables y precisos.

Este año, con el apoyo económico del Banco Mundial se han firmado nuevos convenios entre CONAFOR y la *REDLABs* para analizar las muestras de 1006 conglomerados considerados para el Modulo E-Suelos provenientes del muestreo 2016 del INFyS. Los recursos económicos que se destinarán este año para análisis serán similares a los otorgados para el 2015 al igual que el número de análisis.

Redes de investigación

En 2016 se nos otorgó el reconocimiento como *Red Nacional de Laboratorios para el Análisis, Uso, Conservación y Manejo del Suelo* (*REDLABs*) en el marco de Redes de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Tecnología Forestal de CONAFOR, actualmente se trabaja en una propuesta para obtener recursos del fondo sectorial CONACyT-CONAFOR y seguir operando como Red. Esta propuesta contempla la implementación de sitios de monitoreo para evaluar indicadores de calidad del suelo, así como procesos de transferencia de tecnología que vinculen al suelo con el sector forestal.

Adicionalmente, se nos otorgó el reconocimiento como Red Temática de Investigación por el CONACyT. La propuesta de investigación y la agenda de trabajo se encuentran en ejecución, los principales productos que se obtendrán son: 1) Manual de metodologías estandarizadas para análisis fisico-químicos en suelos; 2) Productos cartográficos que se relacionan al mapeo de la distribución espacial a nivel nacional del contenido de C y N en los ecosistemas forestales según su tipo de suelo y vegetación; 3) Elaboración de artículos científicos derivados de los resultados de los procesos de control de calidad y de los productos cartográficos; 4) Actividades educativas, de divulgación y

difusión de la ciencia del suelo (*i.e.*, página web, video, material gráfico y cuento infantil). Para llevar a cabo estas actividades, CONACyT nos otorgó 70,000 USD.

Metodología de espectroscopia en el infrarrojo cercano (NIR).
Es importante mencionar que este método no es exclusivo para estimar C, lo cual eventualmente permitirá estimar otras variables físico-químicas asociadas al suelo (pH, textura, contenido de humedad, etc.) y de utilidad para el INFyS. En 2015 se generó una propuesta de modelo nacional de calibración/estimación para C en suelos: Para este ejercicio se utilizaron 599 muestras de suelo (muestras con amplio rango de tipos de suelo y vegetación) y se pudo concluir que se cumplió con el objetivo generando un modelo de predicción con alto valor de correlación (r^2>0.97) de los valores obtenidos de los análisis de laboratorio[1] Vs. valores de carbono orgánico estimados por el modelo[2], además de valores de estimación aceptables en los parámetros de C total y N total (Datos no publicados).

Iniciativa 4 por mil: Los suelos para la seguridad a alimentaria y el clima
En abril del 2016 se participó en una reunión de científicos, académicos y sociedad civil en el marco de la *"Iniciativa 4 por 1000: los suelos para la seguridad a alimentaria y el clima"* convocada por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y la Embajada de Francia en México. Este año se han obtenido recursos (~ $50,000 USD) para integrar un proyecto relacionado al potencial de los suelos mexicanos para el secuestro de C y la mitigación de los efectos del cambio climático global. En este proyecto estarán involucradas varias instituciones nacionales entre las que se encuentran algunos integrantes de la *REDLABs*.

Conclusiones

Tomando en cuenta que uno de los principales insumos para el sistema nacional MRV son los datos colectados en el INFyS, se espera que la información generada por la *REDLABs* coadyuve a reducir la incertidumbre asociada a las determinaciones del contenido de C en MSMV así como de otras variables fisicoquímicas de los suelos, el esfuerzo de homologación de metodologías e implementación de procesos de control de calidad en todos los análisis es el mejor referente para poder aspirar a dicho propósito.

Otras aportaciones relevantes asociadas a la conformación y consolidación de la *REDLABs* serán: 1) Contribuir a la generación de información de interés nacional para mejorar la planeación y manejo sustentable de los suelos de México y 2) Generación de datos confiables para el INFyS, que a su vez servirán como insumos clave para la generación de reportes nacionales e internacionales en materia de recursos forestales, como son las Evaluaciones de los Recursos Forestales Mundiales, existencias de carbono en bosques (*i.e.*, biomasa, madera muerta, hojarasca y suelo) e Inventarios Nacionales de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

[1] A las 599 muestras de suelo se les realizaron los siguientes determinaciones: Carbono Total (CT) y Nitrógeno Total (NT) por métodos automatizados (Equipo Flash 2000 Thermo), Carbono Inorgánico (CI) por el método del calcímetro (carbonatos totales) y Carbono Orgánico (CO) calculado por diferencia (CT- CI).
[2] Se realizó un modelo de predicción donde incluye todos los parámetros que se analizaron en el laboratorio (CT, NT, CI, CO calculado) y un modelo de predicción individual por cada parámetro analizado en el laboratorio.

Agradecimientos

La conformación de la RED no hubiera sido posible sin los recursos económicos otorgados por CONAFOR y por CONACyT en su fase de consolidación, así como la participación y colaboración de los investigadores y académicos integrantes de la *REDLABs*.

Bibliografía

Cuevas-Corona, R. M. 2016. Conformación de una Red Nacional de Laboratorios para el Análisis de Carbono en los Suelos de México. Informe Final. Fortalecimiento del proceso de preparación para REDD+ en México y fomento a la Cooperación Sur-Sur. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. México. 67 pp.

Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendonça Santos Brefin, M.L., Montanarella, L., Muniz Ugarte, O., Schad, P., Vara Rodríguez, M.I., Vargas, R. (eds), 2014. Atlas de suelos de América Latina y el Caribe, Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la UniónEuropea, L-2995 Luxembourg, 176 pp.

Houghton, R.A. 2005. The contemporary carbon cycle. En: W.H. Schlesinger (ed). Biogeochemistry, Vol. 8 Treatise on Geochemistry. Elsevier. Oxford. pp. 473-413.

LeMay , V. y W. Kurz. 2008. Estimating Carbon Stock Changes in Forests: linking models and data across scales. En: F Bravo et al. (eds.). Managing Forest Ecosystems: the challenge of climate change. Springer science + Business Media B.V. pp 63-81.

Liski, J, T Palosuo, M Peltoniemi, R Sievänen. 2005. Carbon and decomposition model Yasso for forest soils. Ecological Modelling 189 (1-2): 168-182.

Morfín-Ríos, J., *et al*. 2015. Protocolo de estimación de emisiones y remisiones de GEI derivadas de la concentración de carbono orgánico en los suelos minerales. En: Estimación de las reservas de carbono en la biomasa forestal en México. Fortalecimiento del proceso de preparación para REDD+ en México y fomento a la Cooperación Sur-Sur. México. 183 pp.

Sabine, C.L., M. Heimann, P. Artaxo, D.C.E. Bakker, C.A. Chen, C.B. Field, N. Gruber, C. Le Quéré, R.G. Prinn, J.E. Richey, P. R. Lankao, J.A. Sathaye y R. Valentini. 2004. Current status and past trends of the global carbon cycle. En: C.B. Field y M.R. Raupauh (eds). The global carbon cycle: integrating humans, climate, and the natural world. Island Press. Washington. pp 17-44.

RED TEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN CONACYT

Cuevas-Corona, R.M[1*]; Saynes-Santillán[2], V.[1]; Báez-Pérez, A.[3]; Cruz-Gaistardo[4], C.O.; Cueto-Wong, J.A.[3]; Etchevers-Barra, J.D.[2]; González-Acuña, I.J.[3]; Guerrero-Peña, A.[2]; Hidalgo-Moreno, C.[2]; Jarquín-Sánchez, A.[5]; Leyva-Reyes, J.C.[6]; López-Anaya, M.A.[5]; Martínez-Vargas, M.[4]; Padilla-Cuevas, J.[2]

[1]Coordinación General de la Red Nacional de Laboratorios para el Análisis, Uso, Conservación y Manejo del Suelo.
[2]Colegio de Postgraduados
[3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.
[4]Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
[5]El Colegio de la Frontera Sur.
[6]Comisión Nacional Forestal.
*Autor responsable: rosochkaa@gmail.com; Calle Salvador Díaz Mirón Núm. 205, Col. Santa María la Ribera, Ciudad de México. México. CP 06400.

Resumen

Las Redes se definen como la asociación voluntaria de investigadores o personas con un interés común, dispuestas a colaborar y aportar sus conocimientos y habilidades. El objeto de la formación de Redes Temáticas de Investigación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), tiene como finalidad atender temas estratégicos que respondan a problemas científicos, tecnológicos y sociales, y procurar la vinculación entre la academia, el gobierno y la sociedad para alcanzar soluciones articuladas que contribuyan al desarrollo nacional y al bienestar de la población. En el presente trabajo se describe la propuesta presentada y aprobada por el CONACyT para la consolidación de la *Red Temática Nacional de Laboratorios para el Análisis, Uso, Conservación y Manejo del Suelo* (REDLABs) integrada por un grupo afianzado de investigadores del Colegio de Postgraduados (COLPOS), el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y el Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Las actividades de la REDLABs están encaminadas a dar seguimiento a las actividades de este grupo consolidado enfocado en: **1) Dar continuidad a la transferencia de conocimiento y tecnología entre sus miembros, en foros científicos y sociedad en general; 2) Robustecer la REDLABs mediante la integración de otros miembros nacionales e internacionales; 3) Evaluar su capacidad analítica mediante pruebas de aptitud técnica; 4) Explorar procesos de certificación analítica; 5) Realizar reuniones periódicas para afinar procesos de control de calidad y 6) Sentar las bases de la internacionalización de la REDLABs y buscar financiamiento internacional.**

Palabras clave
Redes de investigación; Suelos; Calidad analítica.

Introducción

Conformación de la REDLABs
La conformación de la REDLABs surgió de una Estrategia de Fortalecimiento a laboratorios enfocada en las determinaciones de carbono (C) en suelo. Como parte de esta estrategia se identificaron los

laboratorios que realizaban determinaciones de C en suelos con el fin de seleccionar las mejores opciones para conformar la REDLABs. Mediante un ejercicio de evaluación se seleccionaron 8 laboratorios pertenecientes a 4 instituciones (COLPOS, ECOSUR, INEGI, INIFAP) con la mejor capacidad y experiencia analítica. Con el apoyo del Proyecto Fortalecimiento del Proceso de Preparación REDD+ en México y Cooperación Sur-Sur (REDD-Sur-Sur) en coordinación con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), se realizó la implementación de esta Estrategia que consistió en: 1) Identificar y estandarizar entre los integrantes de la REDLABs, las áreas para fortalecimiento; 2) **Disminuir el grado de error vinculado a la determinación de C en muestras de suelo mediante la implementación de procesos de control de calidad en todos los análisis; 3) Estandarizar enfoques de medición y análisis de datos.**

REDLABs y su relación con el carbono del suelo

El 2015 fue declarado por las Naciones Unidas como el Año Internacional de los Suelos por ser uno de los recursos naturales más importantes del planeta, encontrándose íntimamente ligado a nuestras actividades e incluso a nuestra subsistencia como especie. Para incrementar la producción alimentaria los suelos deben conservar su fertilidad física, química y biológica, la cual está íntimamente ligada a su contenido de C (IPCC, 2003). A nivel global el suelo es el mayor almacén de C de los ecosistemas terrestres ((Luo y Zhuo 2006, Pan *et al* 2011)). Cuando los suelos están sanos pueden prestar servicios ecosistémicos como la mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) por su capacidad de secuestrar C. En contraste, cuando los suelos tienen un mal manejo o están degradados pueden ser emisores de C por la magnitud de este almacén (FAO, 2016).

Por estas razones, es indispensable tener un claro entendimiento de la dinámica del C en el suelo para afrontar los problemas ambientales asociados al cambio climático global. Acuerdos internacionales como la Agenda de Acción Lima-París de la cual se deriva la Iniciativa 4/1000: Suelos para la Seguridad Alimentaria y el Clima han reiterado la importancia de la investigación científica y la creación de programas para monitorear y estimar las variaciones en los almacenes de C y evaluar el potencial de almacenamiento en los diferentes tipos de suelos y de ecosistemas (UNFCC, 2016). Por otro lado, cabe resaltar la dificultad que representa estimar la concentración del C en el suelo debido a su alta variabilidad espacio-temporal, la alta incertidumbre de estas estimaciones y el error asociado al diseño experimental (intensidad de muestreo, estacionalidad, eventos raros o extremos, etc.), la colecta (profundidad, cantidad y calidad en la toma de muestra, etc.), la preparación y almacenamiento de las muestras, así como en los métodos analíticos que se emplean en laboratorio (*i.e.*, cualitativos, semi-cuantitativos y cuantitativos).

Aunque en México existen grandes esfuerzos para conjuntar la investigación relacionada al ciclo del C (*i.e.*, Programa Mexicano del Carbono), no había un esfuerzo nacional coordinado enfocado en análisis estandarizados de C en laboratorio y en la reducción de la incertidumbre asociada a las mediciones del carbono orgánico del suelo (COS), que según estudios recientes, ésta incertidumbre supera el 100% (Morfín-Ríos, *et al*. 2015). Para llenar este vacío de conocimiento, en 2013 el Proyecto REDD-Sur-Sur, el PNUD y la CONAFOR, plantearon la necesidad de conformar la REDLABs.

Red Temática CONACyT

Para dar seguimiento al trabajo realizado por la REDLABs, es necesaria una segunda fase que haga posible: 1) Continuidad en la transferencia de conocimiento y tecnología entre sus

miembros, en foros científicos y sociedad en general; 2) Robustecer la RED mediante la integración de otros miembros nacionales e internacionales; 3) Evaluar su capacidad analítica mediante pruebas de aptitud técnica; 4) Explorar procesos de certificación analítica y metodologías costo-efectivas; 5) Realizar reuniones periódicas para afinar procesos de control de calidad y 6) Sentar las bases de la internacionalización de la RED y buscar financiamiento internacional.

Por tal motivo, a inicios del presente año los integrantes de la REDLABs participamos en la Convocatoria de Conformación de Redes Temáticas de CONACyT obteniendo resultados satisfactorios y financiamiento para el desarrollo de la propuesta que se presenta en este trabajo.

Los objetivos asociados a la propuesta son los siguientes:

1. Consolidar la estrategia de formación y fortalecimiento de recursos humanos de alta calidad asociada a prácticas analíticas en laboratorio.
2. Sentar las bases para el proceso de certificación analítica de la REDLABs.
3. Actualizar las metodologías analíticas asociadas a carbono y otras variables físico-químicas importantes relacionadas con fertilidad de suelos.
4. Aportar al desarrollo científico nacional mediante actividades académicas, educativas, de divulgación y difusión de la ciencia del suelo.
5. Sentar las bases de la internacionalización de la REDLABs y búsqueda de financiamiento internacional.

Materiales y Métodos

La metodología planteada para alcanzar los objetivos se muestra en el Cuadro 1.

OBJETIVOS	METODOLOGÍA
1. Consolidar la estrategia de formación y fortalecimiento de recursos humanos de alta calidad asociada a prácticas analíticas en laboratorio.	-Participación de la REDLABs en el ejercicio 2016 del Programa Internacional de Calidad e Intercomparación de Análisis de Suelos y Plantas (ISP) con el fin de asegurar una evaluación constante y rigurosa de su desempeño analítico, incrementar la confiabilidad y reducir la incertidumbre analítica. -Capacitación y actualización académica de la REDLABs mediante cursos y talleres teórico-prácticos relativos al control de calidad analítico.
2. Sentar las bases para el proceso de certificación analítica de la RED.	-Búsqueda exhaustiva en diversas fuentes de información que incluyen la web, conferencias telefónicas y búsqueda bibliográfica en revistas especializadas en control de calidad. **-Analizar la opción más adecuada para la acreditación internacional de la RED considerando la** *Norma Internacional ISO 9001:2008, la Wageningen Evaluating Programmes for Analytical Laboratories* (*WEPAL) y The North American Proficiency Testing* (*NAPT).*
3. Actualizar las metodologías analíticas asociadas a carbono y otras variables físico-químicas importantes relacionadas con fertilidad de suelos.	-Actualización de los protocolos analíticos existentes para la misma variable de análisis (i.e., carbono, pH, textura). -Revisión del formato que deberá llevar el protocolo de interés. -Socialización del protocolo entre los integrantes de la REDLABs con el fin de que hagan las aportaciones pertinentes. -Integración de las aportaciones realizadas - Compilación e impresión para la difusión del manual.
4. Aportar al desarrollo científico nacional mediante actividades académicas, educativas, de divulgación y difusión de la ciencia del suelo.	*Actividades educativas, de divulgación y difusión* -Generación de una página Web para la REDLABs con el fin de difundir el quehacer científico de la misma. -Elaboración de un video y un cuento infantil, así como material gráfico (infografías, boletines y trípticos) con el fin de contribuir a la divulgación y difusión de la ciencia del suelo. *Actividades académicas* *Foros científicos* -Participación de la REDLABs en el Congreso Nacional y Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. *Productos cartográficos* Integración del protocolo para generación del mapa de distribución espacial del contenido de C y N en los ecosistemas forestales de México mediante:

	•Mapeo de los sitios de muestreo que se emplearán para el producto cartográfico de la distribución espacial del contenido de C y N en los ecosistemas forestales de México. •Mapeo de los sitios de muestreo con base en los resultados de laboratorio. •Análisis de la distribución de sitios de muestreo (sitios totales y sitios de avance) por tipo de vegetación y tipo de suelo. •Revisión de los insumos cartográficos (tipos de vegetación y tipos de suelo) de base para la generación del mapa de distribución espacial del contenido de C y N en los ecosistemas forestales de México. **•Artículo científico derivado del producto cartográfico que contendrá el análisis de datos para la distribución de C, N y C:N de acuerdo al tipo de suelo y vegetación.**
5. Sentar las bases de la internacionalización de la RED y búsqueda de financiamiento internacional.	- Generar una propuesta en conjunto con FIRCO-SAGARPA y CONAFOR para la participación de la Red en la iniciativa internacional 4/1000 (Suelos como Base de la Seguridad Alimentaria y el Clima). - Desarrollo de la pre-propuesta para participar en la convocatoria (ciclo 6) con un enfoque de investigación en metodologías costo efectivas para la estimación de carbono en suelos.

Cuadro 1. Metodología relacionada a cada objetivo planteado en la propuesta.

Resultados y Discusión

Actualmente la REDLABs está en fase de ejecución de las actividades indicadas en el Cuadro 1 para dar cumplimiento a los objetivos. Los productos que se obtendrán para cada objetivo que se planteó son los siguientes:

Objetivo 1. Fortalecimiento de recursos humanos de alta calidad asociada a prácticas analíticas en laboratorio.

-Informe de evaluación de resultados por parte del ISP.

-Constancias de participación otorgadas por el ISP a cada integrante de la REDLABs.

-Publicaciones científicas a partir del trabajo de la REDLABs: versión preliminar de un artículo científico relacionado al control de calidad de la REDLABs.

Objetivo 2. Sentar las bases para el proceso de certificación analítica de la REDLABs.

-Informe con la estrategia para la acreditación internacional de la REDLABs.

Objetivo 3. Actualización de las metodologías analíticas.

-Manual de metodologías analíticas asociadas a carbono y otras variables físico-químicas en su versión impresa y digital.

Objetivo 4. Aportar al desarrollo científico nacional mediante actividades académicas, educativas, de divulgación y difusión de la ciencia del suelo.

-Página web y material gráfico de difusión de la REDLABs, video y cuento infantil de divulgación de la ciencia del suelo.

-Presentación en foros científicos: Constancias de participación y memorias del XXI Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo.

-Productos cartográficos: Avances en el mapeo de la distribución espacial a nivel nacional del contenido de carbono, nitrógeno y relación C/N en los ecosistemas forestales de México según el tipo de suelo y vegetación (muestreo 2015 del INFyS).

-Artículo científico derivado del producto cartográfico que contendrá el análisis de datos para la distribución de carbono, nitrógeno y C:N de acuerdo al tipo de suelo y vegetación.

Objetivo 5. Internacionalización de la REDLABs.

-Estrategia de internacionalización de la REDLABs con la opción más adecuada de participación en la iniciativa 4/1000.

- Pre-propuesta sometida al Ciclo 6 del Programa PEER.

Conclusiones

El mejoramiento en la calidad analítica de la REDLABs incidirá en: la cualificación y competencia técnica del personal (recursos humanos), la identificación de errores en el funcionamiento de los equipos, la aplicación correcta de los protocolos metodológicos e identificación de sesgos que no puedan detectarse con los programas de control de calidad intralaboratorio. El hecho de sentar las bases de la **acreditación, permitirá** *respaldar la calidad analítica de los datos obtenidos por la* REDLABs *mediante reconocimiento a nivel nacional e internacional.* Estas actividades lograrán incidir de manera directa en la reducción de la incertidumbre de los procesos analíticos y de las mediciones.

Por otro lado, la transferencia de tecnología es una piedra angular de la REDLABs y el manual estandarizado permitirá que la comunidad científica interesada tenga acceso a metodologías revisadas, consensuadas y actualizadas. La estrategia propuesta de difusión y divulgación de la ciencia impactará diversos sectores de la sociedad. El video del suelo explicará a la sociedad la importancia de este valioso recurso no renovable. La página web y material gráfico están dirigidos al sector académico y estudiantil los cuales permitirán difundir las actividades y productos de la REDLABs. El cuento infantil será dirigido a los niños con el fin de crear consciencia en el sector de la población que representa el futuro del país.

Por último, las actividades de la REDLABs contribuirán a la generación de información de interés nacional para mejorar la planeación, manejo sustentable y conservación de los suelos de México. Estos productos también contribuirán con la generación de datos confiables para el Inventario Nacional Forestal y de Suelos de la CONAFOR, que a su vez servirán como insumos clave para la generación de reportes nacionales e internacionales ayudando a nuestro país a cumplir con compromisos ambientales internacionales. Esta información también servirá a los tomadores de decisiones en problemáticas relacionadas a la producción alimentaria, cambio climático, degradación ambiental y del suelo, entre otras.

Bibliografía

Food Agriculture Organization (FAO). 2016. Consultado En: http://www.fao.org/soils-portal/es/.

Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Edited by Jim Penman, Michael Gytarsky, Taka Hiraishi, Thelma Krug, Dina Kruger, RiittaPipatti, Leandro Buendia, Kyoko Miwa, Todd Ngara, Kiyoto Tanabe and Fabian Wagner. Published by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the IPCC.

Luo, Y., Zhou, X. 2006. *Soil Respiration and the Environment*. Elsevier, Academic Press. 316 pp.

Morfín-Ríos, J., *et al*. 2015. Protocolo de estimación de emisiones y remisiones de GEI derivadas de la concentración de carbono orgánico en los suelos minerales. En: Estimación de las reservas de carbono en la biomasa forestal en México. Fortalecimiento del proceso de preparación para REDD+ en México y fomento a la Cooperación Sur-Sur. México. 183 pp.

Pan Y, Birdsey RA, Fang J, Houghton R, Kauppi PE, Kurz WA, Phillips OL, Shvidenko A, Lewis SL, Canadell JG, Ciais P, Jackson RB, Pacala SW, Maguire AD, Piao S, Rautiainen A, Sitch S, Hayes D (2011) A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests. Science 333: 988-993.

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCC). 2016. Consultado En: http://newsroom.unfccc.int/.

Agradecimientos

Al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, a la Comisión Nacional Forestal y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

RED NACIONAL DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA FORESTAL DE CONAFOR

Saynes-Santillán[1], V.[1*]; Cuevas-Corona, R.M[2]; Báez-Pérez, A.[3]; Cruz-Gaistardo[4], C.O.; Cueto-Wong, J.A.[3]; Etchevers-Barra, J.D.[1]; González-Acuña, I.J.[3]; Guerrero-Peña, A.[1]; Hidalgo-Moreno, C.[1]; Jarquín-Sánchez, A.[5]; Leyva-Reyes, J.C.[6]; López-Anaya, M.A.[5]; Martínez-Vargas, M.[4]; Padilla-Cuevas, J.[1]

[1]Colegio de Postgraduados
[2]Coordinación General de la Red Nacional de Laboratorios para el Análisis, Uso, Conservación y Manejo del Suelo.
[3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.
[4]Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
[5]El Colegio de la Frontera Sur
[6]Comisión Nacional Forestal.
*Autor responsable: vinisa.saynes@colpos.mx; Carretera México-Texcoco km 36.5, Col. Montecillo, Texcoco, Estado de México. México. CP 56230; Tel. +52(595)-95-20200 Ext. 1238.

Resumen

Más del 40% de la superficie terrestre presenta algún grado de degradación por lo cual es imperativo realizar acciones para reducirla. En México existen varios programas enfocados en la conservación de suelos, sin embargo falta mayor coordinación entre los actores involucrados para evitar la duplicación de esfuerzos e incrementar la eficacia de las acciones. Como parte de estos esfuerzos la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) en coordinación con organizaciones académicas, promueve la integración de 13 Redes Nacionales de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Tecnología Forestal. En el presente trabajo se muestra la propuesta de la Red Nacional de Laboratorios para el Análisis, Uso, Conservación y Manejo del Suelo "Red Temática Autorizada por CONACYT" presentada en la Segunda reunión Nacional para la integración de las Redes Nacionales de Investigación titulada "Análisis y Evaluación de las Propiedades de los Suelos Forestales de México, como base para la Generación de Índices de Calidad y Salud del Suelo". Esta Red está integrada por investigadores del Colegio de Postgraduados, INIFAP, INEGI y ECOSUR y su objetivo es el desarrollo y fortalecimiento de la capacidad del país para recolectar, analizar, representar y difundir datos y conocimientos científicos y tecnológicos sobre el recurso suelo en las zonas forestales, para incidir en el desarrollo de políticas públicas orientadas al manejo sustentable del suelo. Los productos esperados incluyen manuales de metodologías e indicadores de medición de degradación del suelo, así como mapas de riesgo y erosión. Las perspectivas futuras incluyen sinergias con otras redes e investigadores así como planes de internacionalización.

Palabras clave
Bosques; Suelos; Degradación.

Introducción

La degradación de los suelos constituye una amenaza para más del 40% de la superficie terrestre. FAO estima que el 14% de las tierras degradadas del mundo está en América Latina y el Caribe,

afectando a 150 millones de personas (Gardi *et al*., 2014). En México, el 64% de los suelos presentan algún grado de degradación hídrica, eólica, química, física o biológica debido a la deforestación, el cambio en el uso del suelo, la apertura de nuevas áreas para uso agrícola, ganadero y urbano, el sobrepastoreo y manejos agrícolas como la labranza. Ante esta situación, es imperativo reducir la degradación de las tierras lo cual está alineado con las metas establecidas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

En diversas instituciones académicas, centros de investigación, universidades, agencias gubernamentales y organizaciones no gubernamentales de México, existe una preocupación creciente por la conservación de los recursos forestales y de los suelos asociados a ellos. Actualmente existen varios programas enfocados en la conservación de suelos, sin embargo la duplicación de esfuerzos es recurrente por lo que falta mayor coordinación entre los actores involucrados. Ante esta situación el enfoque de redes y asociaciones multidisciplinarias es adecuado para abordar de forma más eficaz problemas como la degradación de suelos y de pérdida de cobertura forestal. En este tipo de programas de conservación de los recursos naturales y desarrollo sustentable la transferencia, la adaptación y la difusión de tecnología y conocimientos así como la construcción y fortalecimiento de capacidades son elementos cruciales para lograr los objetivos.

La CONAFOR, en coordinación con organizaciones académicas, instituciones de educación e investigación forestal del país, promueven la integración de 13 Redes Nacionales de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Tecnología Forestal (RNIDTTF). Estas Redes están enfocadas en fortalecer la vinculación entre la academia, el gobierno y el sector productivo, en la atención de necesidades de investigación, desarrollo tecnológico, innovaciones y transferencia de tecnologías que coadyuven a incrementar la productividad y competitividad del sector forestal. Para fortalecer la coordinación y trabajo conjunto de las Redes con las instituciones y organizaciones del sector público y privado, en diciembre 2015 se publicó el Reglamento del Consejo Consultivo de Investigación Forestal, a través del cual las Redes de Investigación se suman como órgano de consulta en materia de investigación, desarrollo, innovación y transferencia de tecnología forestal (CONAFOR, 2016).

Como parte de este esfuerzo la CONAFOR ha coordinado el trabajo de las instituciones involucradas en las RNIDTTF y ha organizado dos reuniones de trabajo. La Primera reunión Nacional para la integración de las Redes Nacionales de Investigación, realizada en Ixtapa de la Sal, en el Estado de México en noviembre 2015 se enfocó en la conformación de las RNIDTTF para lo cual se dio cita a investigadores de diversas instituciones para compartir ideas y recibir retroalimentación de CONAFOR. En esta reunión se conformaron once RNIDTTF enfocadas en diversos aspectos de los ecosistemas forestales como inventarios, socioeconomía, genética, manejo del fuego, etc. Sin embargo en los diferentes temas abordados por las redes no se incluyó al suelo. Por esta razón y por consenso de los investigadores presentes y de la CONAFOR en esta reunión se creó la red número doce enfocada en los suelos forestales: Red Nacional de Laboratorios para el Análisis, Uso, Conservación y Manejo del Suelo "Red Temática Autorizada por CONACYT" integrada por investigadores del Colegio de Postgraduados, INIFAP, INEGI y ECOSUR.

La Segunda reunión Nacional para la integración de las Redes Nacionales de Investigación, realizada en Morelia, Michoacán en julio 2016 se enfocó en la presentación de las propuestas de investigación y agenda de actividades de las trece RNIDTTF. El presente trabajo muestra la propuesta de la Red Nacional de Laboratorios para el Análisis, Uso, Conservación y Manejo del Suelo "Red Temática Autorizada por CONACYT" presentada en la Segunda reunión Nacional para la integración de las Redes Nacionales de Investigación titulada "Análisis y Evaluación de las Propiedades de los Suelos Forestales de México, como base para la Generación de Índices de Calidad y Salud del Suelo".

Objetivo general: Desarrollar y fortalecer la capacidad del país para recolectar, analizar, representar y difundir datos y conocimientos científicos y tecnológicos sobre el recurso suelo en las zonas forestales, para incidir en el desarrollo de políticas públicas orientadas al manejo sustentable del suelo.
Objetivos específicos

- Diseñar, validar y difundir protocolos de muestreo, preparación de muestra, análisis, interpretación y recomendaciones, del recurso suelo.
- Analizar los datos existentes y generar información de las características geomorfológicas, y propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos para establecer indicadores de calidad en terrenos forestales.
- Generar conocimiento científico y tecnológico para contribuir a la generación de instrumentos de política pública.
- Transferir protocolos, conocimiento científico y tecnológico a usuarios, propietarios y tomadores de decisiones de los recursos forestales.

La metodología que se empleará para el desarrollo de los objetivos se describe brevemente en el Cuadro 1.

OBJETIVOS	METODOLOGÍA
1. Diseñar, validar y difundir protocolos de muestreo, preparación de muestra, análisis, interpretación y recomendaciones, del recurso suelo.	Taller de control de calidad, preparación de material de referencia, programa de intercomparación.
2. Analizar los datos existentes y generar información de las características geomorfológicas, y propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos para establecer indicadores de calidad en terrenos forestales.	Mapeo de los sitios de muestreo que se emplearán para el producto cartográfico de la distribución espacial del contenido de C y N en los ecosistemas forestales de México. Mapeo de los sitios de muestreo con base en los resultados de laboratorio.
3. Generar conocimiento científico y tecnológico para contribuir a la generación de instrumentos de política pública.	Establecimiento en sitios representativos del país el modelo piloto para el monitoreo de la calidad de los suelos
4. Transferir protocolos, conocimiento científico y tecnológico a usuarios, propietarios y tomadores de decisiones de los recursos forestales.	Extensionismo top-down y extensionismo bottom-up

Cuadro 1. Metodología para cada objetivo de la propuesta

Materiales y Métodos

Para el establecimiento de sitios representativos del país para el monitoreo de la calidad de los suelos se plantea seguir la metodología mostrada en el Cuadro 2.

Actividad	Insumos	Metodología	Productos
Establecimiento en sitios representativos del país el modelo	Malla nacional del INFyS correspondiente al Módulo E de suelos.	En coordinación con la Gerencia del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal y la Gerencia de Restauración Forestal	Construcción de clases de calidad propuestas para suelos con base en

piloto para el monitoreo de la calidad de los suelos	Categorías de zonificación forestal: zonas de conservación y aprovechamiento restringido o prohibido, zonas de producción y zonas de restauración (archivos vectoriales en formato shape). Mapa de cambios de Uso de Suelo y Vegetación, periodo 2007-2014, obtenido por observación, interpretación y delimitación en escala de edición 1:20,000, bajo el esquema de clasificación de Uso de Suelo y Vegetación INEGEI 2014	se seleccionarán las Unidades Primarias de Muestreo (UPM) o sitios representativos para el monitoreo. La representatividad deberá considerar: Los principales tipos de ecosistemas a nivel nacional con base en las de zonificación forestal y los principales grupos de suelos a nivel nacional	parámetros (índice de calidad, escala y clase) que permitan establecer el estado de la calidad del suelo. Generación de un diagnóstico del modelo piloto para el monitoreo de la calidad de los suelos con base en las clases de calidad. Generación de recomendaciones para el uso sostenible de los suelos forestales con base en el diagnóstico. Mapa predictivo de riesgo de degradación de suelos forestales con base en los indicadores generados y con la incertidumbre asociada. Propuesta de un mapa de vulnerabilidad de carbono en suelos forestales.
Identificación de los factores ambientales relacionados a la calidad de sitio.	Bases de datos del INFyS, del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y Continuos Nacionales de Unidades Edafológicas, Topográficas y de Vegetación de INEGI.	Búsqueda, sistematización y evaluación de los factores ambientales relacionados a la calidad de sitio (clima, topografía, latitud y tipo de suelo) que brinden información de su relación con el suelo (	
Identificación de los indicadores edáficos relacionados a la calidad de sitio.	Información bibliográfica especializada (artículos científicos, libros y manuales metodológicos, etc.).	Definir los indicadores fisiográficos, morfológicos, físicos, químicos y biológicos que brinden mayor información del estado actual de los suelos forestales	
Colecta en campo de muestras de suelo, horizonte de fermentación, mantillo y hojarasca. Medición *in situ* de la mineralización del carbono en el material orgánica del suelo. Obtención *in situ* de los indicadores fisiográficos, morfológicos, físicos y biológicos correspondientes.	Protocolos metodológicos para colecta en campo y procesamiento de muestras. Cámara portátil para la medición *in situ* de la mineralización de la material orgánica del suelo (emisiones de CO_2). Guías metodológicas del US Forest Service.	Obtención en campo de indicadores fisiográficos Obtención en campo de indicadores morfológicos Obtención en campo de indicadores físicos Medición en campo de indicadores biológicos	
Análisis en laboratorio	Protocolos metodológicos estandarizados para el análisis de muestras en laboratorio.	Análisis en laboratorio de indicadores físicos, químicos y biológicos.	
Desarrollo de un índice de calidad del suelo.	Indicadores fisiográficos, morfológicos, físicos, químicos y biológicos.	Definición de los límites máximos (Imax) y mínimos (Imin) de los indicadores calculados con base en valores reportados en estudios, mediciones en campo y análisis en laboratorio. Normalización de los indicadores (escala 0-1). Vn = (Im-Imin)/(Imax-Imin)	

		Definición de una escala de transformación que considere clases de calidad propuestas para suelos (índice de calidad, escala y clase).	
Desarrollo de productos cartográficos.	Continuo Nacional de Unidades Edafológicas escala 1:250 000, Serie 11. INEGI. 2002-2006. Cartografía Uso de Suelo y Vegetación escala 1:250 000, Serie V. INEGI. 2014. Mapa de cambios de Uso de Suelo y Vegetación, periodo 2007-2014, obtenido por observación, interpretación y delimitación en escala de edición 1:20,000, bajo el esquema de clasificación de Uso de Suelo y Vegetación INEGEI 2014. Productos cartográficos de los inventarios estatales. Índice/clases de calidad.	Elaboración de productos cartográficos mediante el uso de herramientas de SIG.	

Resultados y Discusión

Actualmente la propuesta de investigación se encuentra en desarrollo. Lo productos que se esperan obtener con los resultados son los siguientes:

- Manual con metodologías de muestreo, preparación de muestra, análisis e interpretación de propiedades físicas, químicas y biológicas de suelo para generar información de calidad.
- Indicadores (índices, tasas, coeficientes, entre otros) y clases de calidad del suelo.

Adicionalmente se plantea que la información generada por la Red pueda utilizarse para:

- Cumplir con los mandatos de Ley (Art 45 LGDFS: Cartografía, acciones deforestación, degradación, indicadores de sostenibilidad, degradación).
- Generar reportes para compromisos internacionales (FRA, INEGEI, GSM).
- Definir la calidad del sitio para un tipo distintivo de vegetación.
- Índice de comparación de sitios de monitoreo, con y sin manejo forestal.
- Mapas de distribución de carbono del suelo a dos profundidades, pH, textura y densidad aparente del Suelo.
- Mapas de riesgo (erosión y degradación).

Conclusiones

Basado en trabajo previo de tres años se ha logrado conformar la Red Nacional de Laboratorios para el Análisis, Uso, Conservación y Manejo del Suelo "Red Temática Autorizada por CONACYT". La propuesta de investigación y agenda de trabajo se encuentra en desarrollo con la colaboración de CONAFOR y de los integrantes de la Red. Algunas perspectivas a futuro son los planes de colaboración con otras RNIDTTF como son: Red de Sitios de Monitoreo Intensivo de Carbono, Red de Biometría e Inventarios, Red de Silvicultura y Manejo, Red de Conservación y Restauración y la Red de Servicios Ambientales y Cambio Climático. También se ha planteado la idea de expandir las

colaboraciones con investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de México y con otras redes de investigación así como con asociaciones como la Sociedad Mexicana y Latinoamericana de la Ciencia del Suelo.

Agradecimientos

Al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, al Mtro. José Medina Mora de León de la Coordinación General de Educación y Desarrollo Tecnológico, al Ing. Gaudencio Benítez Molina, al Ing. Abel Santos Juárez Cortez, al Biól. Jesús Cortés Aguilar y T.S.U. Eduardo Santiago Cruz de la Gerencia de Desarrollo y Transferencia de Tecnología de CONAFOR por su apoyo en la conformación de la Red.

Referencias

CONAFOR, 2016. http://www.gob.mx/conafor/acciones-y-programas/redes-nacionales-de-investigacion-forestal?idiom=es

Gardi, C., Panagos, P., Van Liedekerke, M. 2014. Land take and food security: assessment of land take on the agricultural production in Europe. J. Environ. Plann. Manag. 58:898-912.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA MEDICIÓN DE CARBONO EN SUELO MEDIANTE ENSAYOS DE APTITUD INTERLABORATORIO E INTRALABORATORIO

Guerrero-Peña, A.[1*]; Cueto-Wong, J. A.[2]; Báez-Pérez, A.[2]; Cruz-Gaistardo, C. O.[5]; Cuevas-Corona, R. M.[6]; Etchevers-Barra, J. D.[1]; González-Acuña, I. J.[2]; Guerrero-Peña, A.[1]; Hidalgo-Moreno, C.[1]; Jarquín-Sánchez, A.[4]; Leyva-Reyes, J. C.[3]; López-Anaya, M. A.[4]; Martínez-Vargas, M.[5]; Padilla-Cuevas, J.[1]; Saynes-Santillán, V.[1]

[1]Colegio de Postgraduados
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.
[3]Comisión Nacional Forestal.
[4]El Colegio de la Frontera Sur.
[5]Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
[6]Coordinación General de la Red Nacional de Laboratorios para el Análisis, Uso, Conservación y Manejo del Suelo.

*autor responsable: garmando@colpos.mx: Perif. Carlos A. Molina S/N. Carr Cárdenas-Huimanguillo km 3.5. CP 86500. H. Cárdenas, Tabasco, México. Tel. +52(01937)37 2 2386 ext. 5065.

Resumen

Con objeto de evaluar la calidad de los resultados emitidos por la Red de Laboratorios para el Análisis, Uso, Conservación y Manejo del Suelo del CONACYT, en el análisis de carbono en suelo. Fue organizado un Ejercicio de intercomparación y los laboratorios incluyeron el análisis de un material de referencia certificado (MRC). Con las muestras del ejercicio de intercomparación fueron evaluados la repetibilidad y reproducibilidad de los análisis de carbono; mientras que con el MRC fue calificada la precisión de los análisis de cada laboratorio. Con base en los resultados obtenidos del ejercicio de intercomparación podemos afirmar que los resultados obtenidos por los laboratorios de la Red son repetibles y reproducibles, al no existen diferencias significativas en los análisis de carbono realizados a tres muestras de suelo. Con el análisis de un material de referencia certificado, podemos concluir que los laboratorios tienen precisión en sus análisis, al no existir diferencias estadísticas entre el valor de referencia y el obtenido por cada laboratorio.

Palabras clave: Ensayo de aptitud, control de calidad, análisis de carbono

Introducción

Los ejercicios de intercomparación son una evaluación externa, planificadas sobre un mismo material, de tipo cuantitativo de los resultados proporcionados por una serie de laboratorios, organizados como ensayos de actitud. La necesidad de evaluar el desempeño de laboratorios individuales, identificar problemas en los laboratorios, hacer seguimiento a los métodos establecidos, proveer confianza adicional a los clientes de los laboratorios, identificar influencias interlaboratorios; justifica que la Red de Laboratorios para Análisis, Uso, Conservación y Manejo del Suelo establezca entre sus prioridades ejercicios de intercomparación. Ya que estos son parte integral del proceso de evaluación y acreditación establecido en la NMX-EC-17025-IMNC-2005, por ser la alternativa para demostrar competencia técnica.

Las actividades programadas, para 2016 y 2017, son: 1) un ejercicio de intercomparación, 2) un material (suelo) de referencia certificado para el análisis de carbono mediante analizadores elementales (2016); 3) la producción de materiales de control de calidad para cada laboratorio de la Red (2017), y 3) evaluar la calidad de los resultados que emitan los laboratorios mediante un ensayo de aptitud (2016-2017).

Materiales y Métodos

Preparación de muestras

Los suelos ISP-C1, ISP-C2y ISPC3 fueron secadas a la sombra y a temperatura ambiente (~27 °C). La molienda fue realizada con un molino de bolas de 20 L de capacidad, para posteriormente tamizar en malla 100. Las muestras fueron sometidas a pruebas de estabilidad y homogeneidad. La estabilidad fue realizada con la metodología propuesta por Guerrero *et al.* (2005); la cual, consiste en someter cada suelo preparado a diferentes temperaturas y el posterior análisis mediante la tecnología NIRS. Para evaluar la homogeneidad de cada muestra de suelo, se utilizó el protocolo propuesta por Guerrero *et al.* (2005). El cual consiste en obtener las huellas espectrales de cada una de las muestras. El análisis quimiométrico de estos datos fue realizado con el programa Pirouette. El criterio de evaluación consiste en obtener en el componente principal 1 (PCA1) un coeficiente de variación menor a 3 para considerar que la muestra es homogénea.

Evaluación Estadística de Resultados

Evaluación de la Repetibilidad

La evaluación de repetibilidad se realizó utilizando el coeficiente de variación o desviación estándar relativa de las tres repeticiones que fueron realizadas de cada propiedad o elemento medido en cada una de las muestras.

Evaluación del ejercicio de intercomparación

Para los suelos ISP-C1, ISP-C2 y ISP-C3 los resultados de cada laboratorio fueron evaluados mediante el análisis estadístico valor z, el cual se calculó por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Valor z} = (\text{Xi} - \text{X media})/\text{S}$$

en el cuál:

X = valor obtenido por el laboratorio participante

X_{media} = media de la población.

s = Desviación estándar de la población.

El criterio de evaluación es:

Si $|z| \leq 2$ es satisfactorio,

$2 < |z| \leq 2$ es cuestionable y

Si $|z| \geq 3$ no es satisfactorio.

Evaluación de la Precisión

Para el caso de la evaluación la precisión los laboratorios analizaron un materiales de referencia certificados (MRC) por quintuplicado cada MRC. El estadístico utilizado fue una prueba de medias (Montgomery, 2011) con la ecuación: $t_o = [\dot{X} - \mu_o]/[S/(n)^{0.5}]$. Se rechaza H_o: $\mu_o = \dot{X}$, si $|t_o| > t_{\alpha/2,\ n-1}$.

$\dot{X}$ = promedio de las cinco repeticiones.

μ_o = valor de referencia del MRC.

s = Desviación estándar de la población.

n = número de repeticiones.

Resultados y Discusión

Las tres muestras intercomparadas presentaron valores en el coeficiente de variación que califica como excelente la homogeneidad. Los valores del estadístico z indican que los laboratorios emiten resultados confiables.

Prueba de Homogeneidad. En el Cuadro 1 son presentados los resultados de la prueba de la prueba de homogeneidad realizada con la tecnología NIRS y la Quimiometría como lo propuso Guerrero *et al.* (2005).

Cuadro 1. Estadísticos de la prueba de homogeneidad mediante la tecnología NIRS de las tres muestras intercomparadas en la Red de Laboratorios Nacionales.

	ISP-C1	ISP-C2	ISP-C3
Media	20.14	12.40	18.80
DesvEsta	0.23	0.05	0.16
CV	1.13	0.37	0.84

Evaluación de la Repetibilidad

En las tres muestras intercomparadas los laboratorios obtuvieron coeficientes de variación menores a tres. Con lo cual demuestran que repetibilidad en el análisis de carbono total. Además de que confirman la homogeneidad en el ítem que recibieron.

Evaluación de Resultados del Ejercicio de Intercomparación

Los laboratorios realizaron el análisis de tres muestras de suelo (ISP-C1, ISP-C2 y ISPC3), con cinco repeticiones por muestra; los análisis de carbono fueron realizados mediante analizadores elementales (Thermo, LECO, entre otros). La evaluación de los resultados emitidos por los laboratorios participantes con la prueba del valor z indica que los laboratorios emiten resultados confiables. En la muestra ISP-C1, ISP-C2 e ISP-C3 los valores de z fueron en promedio 0.75, 0.90 y 0.82, respectivamente; los cuales son menores a 2, lo que indica resultados satisfactorios con base en la calificación del valor z establecido en la NMX-CH-165-IMNC-2008.

Evaluación de la Precisión

Con base en los resultados de la prueba de t_o del análisis del MRC podemos afirmar que los laboratorios de la Red obtienen resultados precisos; lo anterior, es debido a que $|t_o| < t_{\alpha/2,\ n-1}$, con un $\alpha = 0.01$. $| t_o | = 0.26 < 2.776$.

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos del ejercicio de intercomparación podemos afirmar que los resultados obtenidos por los laboratorios de la Red son repetibles y reproducibles, al no existen diferencias significativas en los análisis de carbono realizados a tres muestras de suelo. Con el análisis de un material de referencia certificado, podemos concluir que los laboratorios tienen precisión en sus análisis, al no existir diferencias estadísticas entre el valor de referencia y el obtenido por cada laboratorio.

Agradecimientos

A la Red de Laboratorios para el Análisis, Uso, Conservación y Manejo del Suelo del CONACYT.
Al Laboratorio Agroindustrial, Suelo, Planta y Agua.
Al Programa de Calidad e Intercomparación de Análisis de Suelo y Planta.

Referencias

Guerrero-Peña, A. 2005. Homogeneity and stability of materials of internal reference for soil analysis. 9th International Symposium on Soil and plant Analysis. Cancun, México.

Montgomery, D. C. 2011. Control Estadístico de la Calidad. Grupo Editorial Iberoamérica. México, D. F.

NMX-CH-165-IMNC-2008. ISO Guide 35:2006. Materiales de referencia- principios generales y estadísticos para certificación. Instituto Mexicano para la Normalización y Certificación A.C.

NMX-CH-17025-IMNC-2005. ISO/IEC 17025:2005. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración. Instituto Mexicano para la Normalización y Certificación A.C.

Pérez, C. 2002. Estadística aplicada a través de Excel. Pearson Educación S. A. Madrid, España.

MAPA NACIONAL DE CARBONO Y NITRÓGENO DEL SUELO Y DEL MANTILLO EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Cruz-Gaistardo, C.O.[1]*; Martínez-Vargas, M.[1]; Leyva-Reyes, J.[2]; García-Carreón, S.[2]; Báez-Pérez, A.[3]; Cueto-Wong, J.[3]; González-Acuña, I.[3]; Cuevas-Corona, R.[4]; Sosa I.[4];Saynes-Santillán, V.[4]; Etchevers-Barra, J.[5]; Guerrero-Peña, A.[5]; Hidalgo-Moreno, C.[5]; ; Padilla-Cuevas, J.[5]; Jarquín-Sánchez, A.[6]; López-Anaya, M.[6]; Vargas-Rojas, R.[7]; Tagueña-Parga, J.[8]

[1]Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI.
[2]Comisión Nacional Forestal, CONAFOR.
[3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, INIFAP.
[4]Red Nacional de Laboratorios para el Análisis, Uso, Conservación y Manejo del suelo, REDLABs.
[5]Colegio de Postgraduados, COLPOS.
[6]Colegio de la Frontera Sur. ECOSUR.
[7]Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO.
[8]Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACyT.

*Autor responsable: <*omar.cruz@inegi.org.mx*>. Av. Héroe de Nacozari 2301. Aguascalientes, Ags., México. CP 20196.

Resumen

Se presentan las bases metodológicas para la medición y mapeo de carbono y nitrógeno bajo un esquema de interoperabilidad entre diversos organismos públicos, con objetivos y procesos alineados a la Alianza Mundial por el Suelo (GSP-FAO) y al Panel Técnico Intergubernamental de Suelos (ITPS), en el marco de cooperación con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC) y la Convención de las Naciones Unidas para la lucha contra la Desertificación (UNCCD). Durante el periodo 1968-2013 se efectuaron levantamientos nacionales de suelos con fines de clasificación y productividad agrícola. Actualmente los protocolos de levantamiento se han extendido al tema específico del carbono en un contexto de cambio climático global. Se han previsto cuatro diseños experimentales integrales, comparables y convergentes en su evaluación de incertidumbres: el primero está basado en un muestreo sistemático con 4 repeticiones dentro de una superficie de 400 m^2. El segundo corresponde a un muestreo cuantitativo vertical, con distanciamientos en malla y profundidades de muestreo estandarizadas. El tercer diseño es totalmente dirigido, a nivel de horizonte genético, con el objetivo de calibrar el error de la sistematicidad. El cuarto muestreo está en proceso de desarrollo y consta de una red de puntos semicuantitativos de rápida adquisición cuyo objetivo principal es densificar las variables más importantes relacionadas con el carbono. El levantamiento de campo es facilitado por CONAFOR e INEGI. Los análisis de carbono total, carbono orgánico, nitrógeno total, salinidad, densidad aparente, pedregosidad interna y pH son evaluados por la REDLABs empleando intercalibraciones y protocolos estandarizados con apoyo de tecnología TOC y NIR. El análisis de nitrógeno puede generar un indicador sobre calidad del carbono (relación C:N). El control de calidad está basado en la cuantificación del error en cada proceso y en la generación de relaciones lógicas entre la información de carbono y los datos paralelamente obtenidos sobre biometría vegetal, génesis, morfología, manejo y cambio de la cobertura del suelo. Este trabajo modificará la precisión de las estimaciones actuales sobre reservas, concentraciones e incertidumbres del carbono del suelo y del mantillo en México.

Palabras clave: Carbono; Nitrógeno; Carbono orgánico del suelo.

Simposio 3:

AVANCES SOBRE NUTRICIÓN VEGETAL EN AGRICULTURA PROTEGIDA

RENDIMIENTO Y CALIDAD DE TOMATE EN SISTEMAS HIDROPÓNICOS ABIERTO Y CERRADO

De la Rosa-Rodríguez, R.[1]; Lara-Herrera, A.[2*]; Lozano-Gutiérrez, J.[2]; Padilla-Bernal, L.E.[3]; Avelar-Mejía, J.J.[2]; Castañeda-Miranda, R.[1]

[1]Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, Zacatecas, México.
[2]Unidad Académica de Agronomía, Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), Zacatecas, Zacatecas, México.
[3]Unidad Académica de Contaduría y Administración, UAZ, Zacatecas, Zacatecas, México.

*Autor responsable: alara204@hotmail.com; Jardín Juárez # 147, Col. Centro, Zacatecas, Zacatecas. México. CP 98000; Tel. +52(492)-9256690, Ext. 2707

Resumen
El tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) es una de las hortalizas más importantes del mundo y su cultivo va en aumento, gracias al uso de tecnologías en su cultivo como invernaderos e hidroponía se tiene una alternativa de producción y oportunidad de comercialización. Los sistemas hidropónicos son abiertos, cuando el exceso de la solución nutritiva que drena no es reusado y es desechado, y son cerrados, cuando la solución nutritiva excedente es recuperada, regenerada y reusada en el mismo cultivo. El objetivo de este trabajo de investigación fue conocer las diferencias en producción y calidad de un sistema hidropónico cerrado en comparación con uno abierto en cultivo de tomate de variedad el Cid, utilizando macetas con sustrato perlita fina previamente utilizado. Se midió el número, tamaño, peso y rendimiento de frutos y la calidad de los frutos en dos etapas de la producción (potencial de Hidrógeno, sólidos solubles, acidez e índice de madurez en zumo) en tres índices de madurez. No hubo diferencia significativa en las variables de calidad evaluadas en los tres índices de madurez medidos en dos etapas. Hubo diferencia significativa sólo para el diámetro ecuatorial de fruto, sin embargo, no para número y peso de frutos, por lo cual el sistema cerrado es una alternativa de producción potencialmente comparable con el sistema abierto.

Palabras clave: *Lycopersicum esculentum* Mill; Recirculación; Sistema Cerrado; Hidroponía.

Introducción

El cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) es una de las hortalizas más importantes y extendidas en todo el mundo (Al-Omran *et al*., 2010). El sistema de producción puede ser a cielo abierto, directamente en el suelo, o en invernadero (Quintero *et al*., 2006).
En México existen alrededor de 20,000 hectáreas bajo agricultura protegida de las cuales el 66% corresponden a invernaderos y 34% a otras estructuras (SIAP, 2014). El uso de invernaderos representa una alternativa para el cultivo de tomate debido a que le brindan condiciones más favorables en diversos factores de clima (temperatura, radiación solar, viento, humedad, entre otros) presentes en muchas zonas hortícolas. Muchos suelos presentan elevado deterioro de sus propiedades físicas, químicas y fitosanitarias y son poco productivos y por tanto poco rentables; además, las condiciones limitantes de agua en nuestro país y en general a nivel mundial exigen un uso más eficiente de este recurso para la producción de hortalizas. Más del 80% del agua consumida en agricultura protegida se extrae de los mantos acuíferos, pero el 44% de ellos está sobre explotado (CNA, 2011). Ante estas condiciones, la hidroponía es una alternativa para mantener la productividad

de las zonas de agricultura protegida. Además, el uso de invernaderos con hidroponía representa una técnica que permite obtener producción más alta por unidad de superficie (Magaña-Lira *et al*., 2013).

Los sistemas hidropónicos han sido clasificados como abiertos, donde el exceso de la solución nutritiva (SN) que drena no es reusado y es dirigido al suelo y a las aguas subterráneas, y sistemas cerrados, donde la SN excedente es recuperada, regenerada y reciclada en un sistema de recirculación cíclico (Ehret *et al*., 2001). Los sistemas abiertos, a menudo han sido vistos como derrochadores de SN, debido a que el exceso drena como desecho, esto trae como consecuencia la elevación de costos y contaminación del suelo y aguas subterráneas (Pardossi, 2011; Sánchez-Del Castillo *et al*., 2014). En los sistemas hidropónicos cerrados es más eficiente que en otros sistemas (abiertos) el uso del agua y los nutrimentos que se aplican al cultivo y también se minimiza la contaminación; sin embargo, un aspecto que limita la reutilización de la SN es la obtención de un rendimiento menor (Rosberg, 2014), disminución de la calidad, acumulación de algunos elementos químicos y desbalance entre los nutrimentos (Sánchez-Del Castillo *et al*., 2014) y el riesgo de diseminación de enfermedades (Déniel *et al*., 2006).
La presente investigación tuvo como objetivo comparar la producción y calidad de frutos entre un sistema hidropónico abierto y uno cerrado, utilizando un cultivo de tomate en sustrato perlita reutilizado de tres ciclos anteriores de producción.

Materiales y Métodos

La investigación se llevó a cabo en una nave de invernadero de 256 m^2, con control pasivo del clima, establecida en la Unidad Académica de Agronomía de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Las coordenadas geográficas son 22° 43' 42" de Latitud Norte y 102° 40' 58" de Longitud Oeste.

Tratamientos y diseño experimental
Se evaluaron dos tratamientos, que consistieron en dos sistemas hidropónicos: uno cerrado (con recirculación de la SN) y otro abierto (sin recirculación de la SN). En el sistema cerrado, la SN drenada fue filtrada y captada en un depósito de 200 L de capacidad, de ahí fue bombeada a un contenedor de 1000 L, donde se restauró en conductividad eléctrica (CE), pH y los macronutrientes que la planta consume en mayor cantidad (NO_3^- y K^+); posteriormente esta solución restaurada se inyectó nuevamente como solución nueva en el sistema de irrigación. En el sistema abierto, la SN drenada se filtró y se captó en un contenedor de 200 L y después de ser restaurada se envió a otro de 700 L, para posteriormente usarla en un cultivo alterno bajo condiciones de invernadero en otra nave, para evitar su desperdicio y contaminación del suelo en las camas de cultivo y también disminuir la pérdida económica por agua y fertilizantes utilizados (30 y 20%, respectivamente). La unidad experimental estuvo constituida por una cama de 16 m de longitud y 70 cm de ancho, la cual contuvo 65 macetas de polietileno con dos plantas cada una de la variedad "El Cid" de hábito de crecimiento indeterminado, en sustrato de perlita (fina) usado previamente en tres ciclos de cultivo, teniéndose una densidad de 4.0 plantas m^{-2}. Cada tratamiento se llevó a cabo con cuatro repeticiones, estableciéndose un diseño experimental en bloques al azar.

Variables medidas
Número, tamaño, peso y rendimiento de frutos. Se realizó un conteo del número de frutos por planta cosechados en 20 cortes. El tamaño de frutos cosechados se obtuvo (en mm) con un vernier digital Scala^{TM} midiendo los diámetros ecuatorial y polar de los frutos. Los frutos fueron pesados en una

báscula digital EK-200i con precisión de 0.01 g, al momento de cosecharlos; una vez pesados fueron clasificarlos con la siguiente escala: 1ra (>130 g), 2da (100-130 g) 3ra (60-100 g) y 4ta (<60 g).

Calidad de fruto. Para evaluar la calidad se tomó una muestra de cinco frutos con el mismo índice de madurez (color) en dos etapas de la producción (racimos 3 y 7). Los frutos fueron triturados y molidos en un extractor marca Krups 267. El jugo fue exprimido en una fibra de malla 80 y se utilizó para determinar:

pH de jugo. Este parámetro se midió en una muestra de 50 mL de jugo, con un conductivímetro marca Hanna, modelo Conductronic 200.

Acidez titulable. Se determinó mediante el método usado por Navarro-López *et al*. (2012) y San Martín-Hernández *et al*. (2012). La acidez titulable en porcentaje (AT %) se expresó como porcentaje de ácido cítrico y se determinó con la siguiente fórmula: AT (%)= [VNaOH (ml) x NNaOH (meq/ml) x ácido cítrico (0.064 g/meq)/V de jugo (ml)] x 100.

Sólidos solubles totales (SST) en grados Brix. Se midió con un refractómetro marca ATAGO, modelo N-1E, con rango de lectura de 0 a 32 °Brix.

Índice de madurez. El índice de madurez (IM) se calculó con el método usado por San Martín-Hernández *et al.* (2012), obteniendo la relación entre SST y AT.

Análisis estadístico
Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de medias (Tukey 0.05). El análisis se realizó en el programa SAS (Stadistical Analysis System) versión 9.4.

Resultados y Discusión

Rendimiento
El rendimiento no fue diferente entre los sistemas hidropónicos abierto y cerrado (Cuadro 1); estos rendimientos son mayores en 12% a los obtenidos por Sánchez-Del Castillo *et al*. (2014), la presente investigación proporcionó resultados similares a los obtenidos por estos autores y a Nakano *et al*. (2010) ya que no encontraron diferencias significativas utilizando sustratos distintos y nuevos y diferentes sistemas hidropónicos abiertos y cerrados en cultivo de tomate.

Componentes del Rendimiento
Número de frutos. El número de frutos por planta no fue diferente entre los sistemas hidropónicos abierto y cerrado (Cuadro 1), los resultados obtenidos son similares a los obtenidos por Urrieta-Velázquez *et al*. (2012) al usar una selección de tomate de costilla.

Tamaño de frutos. Sólo el diámetro ecuatorial de fruto fue diferente significativamente entre los tratamientos evaluados (Cuadro 1), el sistema abierto presentó el valor más alto; no hubo diferencia significativa para el diámetro polar de fruto; los resultados de ambos sistemas hidropónicos son similares a los de Ucan *et al*. (2004) en su categoría de fruto mediano en el cultivar "Daniela" (que produce en mayor cantidad frutos de aproximadamente 5-6 cm).

Peso de frutos. El peso de los frutos tampoco fue diferente significativamente entre ambos tratamientos (Cuadro 1), sin embargo, el sistema hidropónico abierto presentó un peso medio por fruto superior solo 3.4% respecto al sistema cerrado, lo cual puede deberse principalmente a que la SN del sistema abierto está en mayor equilibrio que la reutilizada en el sistema cerrado (Sánchez-Del Castillo *et al*., 2014). Se determinó que la categoría de tercera (60-100 g) predominó (75-100%) en ambos tratamientos.

Cuadro 1. Efecto de sistemas hidropónicos abierto y cerrado en rendimiento y calidad de tomate.

Sistema Hidro-pónico	FP	Diámetros (mm)		PF (g)	Ren (kg m^{-2})	pH	SST	AT (%)	IM
		Polar	Ecuatorial						
Abierto	46.54a	62.18a	49.97a	94.18a	17.5a	4.36a	5.34a	0.21a	26.74a
Cerrado	45.81a	61.95a	47.84b	92.48a	16.9a	4.42a	5.24a	0.22a	25.76a
DMS	**2.24**	**2.10**	**1.67**	**21.60**	**3.94**	**0.17**	**0.30**	**0.02**	**4.24**

Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas (Tukey, 0.05).
DMS = Diferencia Mínima Significativa.
FP = Frutos por planta; PF = Peso por Fruto; Ren = Rendimiento; SST = Sólidos Solubles Totales;
AT = Acidez Titulable; IM = Índice de Madurez

Calidad de fruto

pH de jugo. El pH no fue diferente entre los frutos de cada tratamiento (Cuadro 1). Los resultados obtenidos coinciden con los encontrados por Peña *et al*. (2013).

Acidez titulable. No hubo diferencia significativa entre tratamientos (Cuadro 1). Los valores obtenidos están dentro del rango que reportan Bugarin-Montoya *et al*. (2002) (0.19-0.32%). En tomates frescos hidropónicos la AT es muy variada, ya que puede tener valores de 0.19 a 0.45% (Dobricevic *et al*., 2007), o hasta de 0.63% (Arias *et al*., 2000) lo cual concuerda con los valores encontrados en la presente investigación.

Sólidos solubles totales (SST) en grados Brix. No hubo diferencia significativa entre sistemas hidropónicos, ambos sistemas tuvieron valores superiores a los encontrados por Rivas *et al*. (2012) de 4.57 a 5.10 °Brix. Los SST (°Brix) son un parámetro de calidad del fruto que varía con la conductividad eléctrica de la solución nutritiva y el estrés hídrico del fruto durante su desarrollo (Céspedes *et al*., 2004).

Índice de madurez. Se vio afectado directamente por los SST, a pesar de que no hubo diferencia significativa entre tratamientos se obtuvieron valores entre 26.7 y 25.7 (abierto y cerrado) siendo mayores a los observados por Rivas *et al.*, (2012) (13.59 a 18.28) y Bugarín-Montoya *et al.*, (2002) (12.98 a 19.79). Si la relación es mayor a 10 los frutos son considerados de buena calidad.

Conclusiones

El rendimiento de tomate no fue diferente entre los sistemas hidropónicos con y sin recirculación de la solución nutritiva establecidos en invernadero. Sólo hubo diferencia significativa para el diámetro ecuatorial del fruto, pero no para número y peso de frutos. No hubo diferencia significativa en ninguna variable de calidad entre ambos sistemas hidropónicos. El uso de un sistema hidropónico cerrado resulta una alternativa potencialmente comparable con el sistema abierto en rendimiento y calidad de producción.

Referencias

Al-Omran, A.M., A.R. Harbi, M.A., Wahb-Allah, M., Nadeem, and A. Al-Eter. 2010. Impact of irrigation water quality, irrigation systems, irrigation rates and soil amendments on tomato production in sandy calcareous soil. Turk Journal Agriculture 34: 59-73.

Arias, R., Lee, T. C., Specca, D., Janes, H. 2000. Quality comparison of hydroponic tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) ripened on and off vine. Journal of Science 65(3): 545-548.

Bugarin-Montoya, R., Galvis-Spinola, A., Sánchez-García, P., García-Paredes, P. 2002. Demanda de potasio del tomate tipo saladette. Terra 20: 391-399.

Céspedes, A. M. G., Sanjuán, M. D. C. S., & Gavilán, M. U. 2004. Producción y calidad en el cultivo de tomate cherry, pp. 703-747. In: Tratado de Cultivos sin Suelo. Urrestarazu-Gavilán, M. (ed.). Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.

CNA (Comisión Nacional del Agua). 2011. Disponibilidad del agua subterránea. Gobierno Federal. SEMARNAT.CONAGUA. México: CNA. http://www.conagua.gob.mx/.

Déniel, F., Renault, D., Tirilly, Y., Barbier, G., & Rey, P. 2006. A dynamic biofilter to remove pathogens during tomato soilless culture. Agronomy for sustainable development 26(3): 185-193.

Dobricevic, N., Voca, S., Benko, B., Pliestic, S. 2007. The quality of fresh tomato fruit produced by hydroponic. Agriculturae Conspectus Scientificus 72(4): 351-355.

Ehret, D., Alsanius B., Wohanka, W., Menzies, J., Utkhede, R. 2001. Disinfestation of recirculating nutrient solutions in greenhouse horticulture. Agronomie *EDP Sciences* 21 (4): 323-339.

Magaña-Lira, N., Peña-Lomelí, A., Sánchez-del Castillo, F., Rodríguez-Pérez, J. E., & Moreno-Pérez, E. D. C. 2013. Comportamiento productivo de híbridos F1 de tomate y sus poblaciones F2. Revista Fitotecnia Mexicana 36(4): 371-379.

Nakano, Y., H. Sasaki, A. Nakano, K Suzuki, and M. Takaichi. 2010. Growth and yield of tomato plants as influenced by nutrient application rates with quantitative control in closed rockwool cultivation. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 79(1): 47-55.

Navarro-López, E. R., Nieto-Ángel, R., Corrales-García, J., García-Mateos, M. D. R., & Ramírez-Arias, A. 2012. Calidad poscosecha en frutos de tomate hidropónico producidos con agua residual y de pozo. Revista Chapingo. Serie horticultura 18(3): 263-277.

Pardossi A., Carmassi G., Diara C., Incrocci L., Maggini R., Massa D. 2011. Fertigation and Substrate Management in Closed Soilless Culture. University of Pisa. Euphoros. 63 p.

Peña, M. Y., Casierra-Posada, F. Á. N. O. R., & Monsalve, O. I. 2013. Producción hidropónica de tomate (Solanum lycopersicum L.) en cascarilla de arroz mezclada con materiales minerales y orgánicos. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas 7(2): 217-227.

Quintero, M. F., C. A. González, and V. J. Florez-Roncancio. 2006. Physical and hydraulic properties of four substrates used in the cut-flower industry in Colombia. Acta Hort. 718: 499-506.

Rivas, M. P., Albarracín, M., Moratinos, H., & Navas, F. Z. 2012. Rendimiento y calidad de fruto en cuatro cultivares de tomate (Solanum lycopersicum L.) bajo condiciones protegidas. Revista de la Facultad de Agronomía 29(3): 395-412.

Rosberg, A.K. 2014. Dynamics of root microorganisms in closed hydroponic cropping systems. Faculty of Landscape Architecture, Horticulture and Crop Production Science. Thesis doctoral. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae 2014:51, 62 p.

San Martín-Hernández, S., Ordaz-Chaparro, V. M., Sánchez-García, P., Colinas-Leon, B., María, T., & Borges-Gómez, L. 2012. Calidad de tomate (Solanum lycopersicum L.) producido en hidroponia con diferentes granulometrías de tezontle. Agrociencia 46(3): 243-254.

Sánchez-Del Castillo, F., E.C. Moreno-Pérez, J. Pineda-Pineda, J.M. Osuna, J.E. Rodríguez-Pérez, y T. Osuna-Encino. 2014. Producción hidropónica de jitomate (Solanum licopersicum L.) con y sin recirculación de la solución nutritiva. Agrociencia 48: 185-197.

SIAP STATISTICS. 2014. Crops data [En línea]. Disponible en http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/.

Ucan, C. I., Sánchez del Castillo, F., Contreras, M. E., Corona, S. T. 2004. Efecto de la densidad de población y raleo de frutos sobre el rendimiento y tamaño del fruto en tomate. Revista Fitotecnia Mexicana 28 (1): 33-38.

Urrieta-Velázquez, J. A., Rodríguez-Mendoza, M. D. L. N., Ramírez-Vallejo, P., Baca-Castillo, G. A., Ruiz-Posada, L. D. M., & Cueto-Wong, J. A. 2012. Variables de producción y calidad de tres selecciones de jitomate de costilla (Solanum lycopersicum L.). Revista Chapingo. Serie horticultura 18(3): 371-381.

Simposio 4:

MANEJO DEL SUELO EN LA AGRICULTURA ORGÁNICA

RIESGOS ASOCIADOS A ENMIENDAS ORGÁNICAS

Gallegos-Robles M.A.[1]*; Vázquez–Vázquez C.[1], García-Hernández J.L.[1], Orona-Castillo I.[1], Gonzáles-Salas U.[1], Luna-Ortega J.G.[2], Sánchez-Lucio R.[3], Salazar-Sosa E.[4].

[1]Facultad de Agricultura y Zootecnia-Universidad Juárez del Estado de Durango. México.[2]Universidad Politécnica de la Región Laguna. México.[3]INIFAP, campo experimental Santiago Ixcuintla, Nayarit, México.4Instituto Tecnológico de Torreón. Autor correspondiente: México.Garoma64@hotmail.com

RESUMEN

Ciertas prácticas agrícolas pueden tener un efecto en detrimento de la capacidad del suelo para mantener la producción agrícola, lo cual ha generado advertencia y preocupación. Una de tales prácticas es la aplicación desmedida de enmiendas orgánicas al suelo, con la finalidad de mejorar las propiedades del suelo o simplemente para deshacerse del recurso orgánico. El tipo y aplicación desmedida de abonos orgánicos puede representar una serie de riesgos para la producción agrícola, medio ambiente y la salud humana. Si bien, hay un aumento en la demanda por alimentos de origen orgánico, pues las personas consideran que éstos son más nutritivos, también evitan consumir residuos de pesticidas y evitan consumir productos genéticamente modificados; la regulación en la producción de alimentos de origen orgánico exige que éstos sean producidos sin el uso de pesticidas sintéticos, hormonas de crecimiento, antibióticos, cultivos genéticamente modificados, fertilizantes químicos o lodos residuales, pero también es cierto, que algunas fuentes orgánicas como los estiércoles, biosólidos municipales, abonos verdes y residuos de cultivos, residuos de alimentos y aguas no tratadas, residuos de procesos de manufactura, y compost, pueden representar un riesgo para la salud humana, el medio ambiente y la producción agrícola, por los posibles peligros que puedan contener como patógenos principalmente, metales pesados, antibióticos, hormonas de crecimiento, y pesticidas. La liberación de gases como NH_3, CH_4 y CO_2 hacia la atmosfera, la lixiviación de nutrientes hacia los mantos freáticos, la acumulación de sales en el suelo, entre otros, son algunos de los aspectos negativos que se pueden tener si se hace un mal uso y manejo de las enmiendas orgánicas. Dado lo anterior, la aplicación de dosis correctas de enmiendas orgánicas de acuerdo a las necesidades del cultivo, el tratamiento efectivo de los estiércoles para disminuir carga microbiana, el confinamiento temporal o definitivo de residuos orgánicos, son aspectos que deben estar vigilados para evitar que los abonos orgánicos se conviertan en un problema en lugar de sacar beneficio de estos.

Palabras clave: enmiendas orgánicas, biosolidos, estiércoles, riesgos

APLICACIÓN DEL FRIJOL DOLICHOS COMO FUENTE DE FERTILIZACIÓN EN EL CRECIMIENTO Y ACUMULACIÓN DE BIOMASA EN TOMILLO (*Thymus vulgaris* L.)

Ruíz-Espinoza, F.H. [1*]; Castro-González P.[1]; Murillo-Amador B.[2]; Beltrán-Morales, F.A.[1]; Loya-Ramírez J.G.[1]; Zamora-Salgado S.[1]; Troyo-Dieguez E.[2]

[1]Universidad Autónoma de Baja California Sur. Carretera al Sur km 5.5. La Paz, BCS. AP-19-B, CP-23080. [2]Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. *Autor responsable: (fruiz@uabcs.mx).

RESUMEN

La planta de tomillo es una hierba aromática que puede llegar a crecer a una altura máxima de 50 cm. En la actualidad tiene distintos usos, en fresco o en seco, siendo uno de los principales como condimento gastronómico y la extracción de su aceite esencial. El objetivo de la investigación fue realizar un análisis de crecimiento y acumulación de biomasa de plantas de tomillo, mismas que se establecieron en condiciones de ambiente natural en la parcela orgánica del campo agrícola de la Universidad Autónoma de Baja California Sur. Para el estudio se realizaron 6 muestreos con intervalos de tiempos de 20 días. El experimento se desarrolló en un suelo Yermósol Háplico (FAO-UNESCO, 1999). De acuerdo a la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1981) para condiciones de México, la ciudad de La Paz, presenta un clima BW(h') h w (e), es decir, seco desértico, cálido. Los parámetros del crecimiento evaluados fueron el área foliar (AF), índice de área foliar (IAF), tasa relativa de crecimiento (TRC), tasa de asimilación neta (TAN) y de masa seca y área de proyección. Se realizaron análisis estadísticos mediante el Statistica 6.0, con base en un diseño de bloques completos al azar. Se determinaron las variables de crecimiento teóricas, donde el IAF alcanzó un crecimiento determinado a los 70 días, por su parte la TAN máxima se alcanzó a los 90 días con 8.8 g cm-2 dia-1, a su vez la TRC, logró su máxima expresión a los 90 días, por lo que la máxima ganancia de biomasa en el área de superficie ocupada por la planta fue de 7 g dia-1 a los 90 días, mientras que la máxima expresión del cociente del área foliar se logró a los 50 días, a asimismo el cociente de peso foliar del peso de se incrementó hasta los 90 días, por otro lado la máxima relación vástago/raíz se logró a los 90 días, mientras que la DAF logró su máxima expresión a los 90 días después del trasplante. , por lo que podemos concluir que el tomillo por tener su sistema de vástago permaneció en condición de ambiente natural, en un lugar donde los factores y elementos del clima que intervienen en su crecimiento oscilan en rangos diferentes.

Palabras claves: Zonas áridas, biomasa, crecimiento, producción

MINERALIZACION DE ESTIERCOL BOVINO SOLARIZADO Y BIOSOLIDOS COMO FERTILIZANTS ORGANICOS EN LA PRODUCCION DE CHILE

Flores-Margez, J.P.[1]*; Corral-Díaz, B.[1]; Osuna-Ávila, P[1]; Olivas-Enríquez, E.[1].; Salazar-Sosa, E.[2], Orona-Castillo, I.[3] y Trejo-Escareño, I.[3], [1]

[1]Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua, México. [2]Instituto Tecnológico de Torreón, Torreón, Coahuila. [3] Facultad de Agricultura y Zootecnia, UJED, Durango. *Autor responsable, Juflores@uacj.mx, Anillo envolvente del PRONAF y calle Estocolmo s/n, Zona PRONAF, Cd Juárez, Chih México. CP 32310; 656 395-9420

RESUMEN

Los abonos orgánicos como el estiércol bovino, la composta, residuos de cosecha y los biosólidos han sido empleados en la agricultura para mejorar la disponibilidad de nutrientes y la capacidad de retención de agua en el suelo, para obtener un mayor rendimiento en los cultivos. El problema que se presenta con la aplicación de abonos orgánicos al suelo es que pueden llegar a contaminar los acuíferos debido al aporte de elevadas concentraciones de nitratos; por ello el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la mineralización de abonos orgánicos en suelos agrícolas del Valle de Juárez para dar un manejo apropiado a este recurso. La evaluación del nitrógeno liberado como producto de la descomposición del residuo orgánico fue mediante cilindros de aluminio de 15 cm a los que se les coloco suelo y dos tipos de residuo orgánico, en la parte inferior de cada cilindro se colocó una bolsa con resinas sintéticas. Los cilindros fueron enterrados en un área de suelo y las resinas sintéticas fueron reemplazadas cada 30 días durante los meses de julio a diciembre. Los tratamientos mostraron diferencias significativas en cuanto a la concentración de nitratos para los tipos de suelo y sustratos orgánicos, así como para la concentración de fósforo disponible del suelo al final del periodo de incubación.

Palabras clave: Mineralización de nitrógeno, fósforo, abonos orgánicos, biosólidos, estiércol

Simposio 5:

POTENCIAL DE SECUESTRO DE CARBONO EN SUELOS FORESTALES Y AGRÍCOLAS

PÉRDIDAS DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO Y DEL MANTILLO POR EROSIÓN Y DESFORESTACIÓN: IMPLICACIONES ECOLÓGICAS, SOCIOECONÓMICAS Y CULTURALES

Cruz-Gaistardo, C.[1*], Morfín-Rios, J.[2], Michelle, J.[3], González, R.[3], Carrillo, O. [3], Barbosa, P. [4]

[1]**Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI.**
[2]**Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, UNDP.**
[3]**Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO.**
[4]**Joint Research Centre, JRC, European Commission.**
*Autor responsable: <*omar.cruz@inegi.org.mx*>. Av. Héroe de Nacozari 2301. Aguascalientes, Ags., México. CP 20196.

Resumen

Mediante colaboración institucional PNUD-FAO y con soporte técnico del INEGI-CONAFOR-JRC se generó el Mapa Nacional de Cambios por Desforestación, Degradación y Recuperación (periodo 2007-2014) obtenido totalmente por interpretación visual directa de 46,440 pares satelitales a escala 1:20,000. Mediante un producto de calibración se redujeron significativamente los sesgos por efecto estacional, inundación eventual o fuerte nubosidad. Las pérdidas por desforestación y degradación para los estratos arbóreos durante el periodo de referencia fueron de 153,570 ha a^{-1}, para estratos arbustivos de 130,029 ha a^{-1} y las ganancias por recuperación o regeneración de 46,479 ha a^{-1}. Las evidencias sobre intensidad de erosión y contenido de carbono (C) en 23,240 sitios de estudio del INEGI (periodo 2007-2016) y 4,210 conglomerados de la CONAFOR (2013-2016) permiten afirmar que en la superficie de cambio existe una pérdida por oxidación, combustión, remoción o lixiviación en los -30 cm superficiales de 1.87 ±0.07 Tg C a^{-1} en el suelo mineral, 46.7 ± 0.5 Gg C a^{-1} en la capa sáprica-hémica (72.0% humedad promedio) y 43.6 ±1.1 Gg C a^{-1} en la capa hémica-fíbrica (65.2% humedad promedio), lo cual representa en conjunto el 0.03% del almacén de C nacional superficial y subterráneo. Las superficies con mayores pérdidas de C por desforestación y degradación se encuentran en Campeche (12.8 %), Yucatán (10.4%), Veracruz (5.9%), Oaxaca (5.2%) y Chiapas (5.2%). Durante el periodo 2007-2014 desaparecieron en los sitios de cambio un total de 45.8 ±1.9 millones de árboles de 124 géneros dominantes, principalmente *Bursera* (10.8%), *Quercus* (9.6%), *Piscidia* (8.4%), *Lysiloma* (6.5%) y *Pinus* (5.6%). Por el contrario 15,300 ha de nuevos pastizales tras desbroce se extienden cada año sobre la superficie nacional. Las pérdidas de contenido de COS y mantillo incrementaron proporcionalmente la emisión de GEI_{CO2}, siendo las causas principales los asentamientos humanos, minas, nuevos pastizales y parcelas agrícolas. El 44.2 % de la superficie con erosión extrema y el 26.4 % de la superficie arbórea desforestada recientemente están asentados en municipios con más del 80 % de pobreza. La emigración rural en estos municipios supera ampliamente el promedio nacional. Las culturas étnicas con mayor afectación de sus reservas naturales de C son la maya, tzeltal, zapoteca, náhuatl y huichol. Las pérdidas de carbono pueden tener un efecto negativo en su autonomía alimentaria y fuentes tradicionales de energía (leña), por lo cual es importante establecer instrumentos que mejoren sus modelos locales de desarrollo agropecuario y forestal. A partir de 2014 se encuentran en proceso mapas de cambio 1:20,000 anualizados, con el objeto de mejorar la calidad y precisión de estos resultados, así como mapas inéditos nacionales sobre geomorfología, temperatura y humedad del suelo, procesos edáficos y emisiones de GEI.

Palabras clave

Reservas de C, México.

LOS HONGOS MICORRÍCICOS ARBUSCULARES COMO UN INDICADOR BIOLÓGICO PARA EVALUAR EL ESTADO DEL CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO

Manrique-Caamal, S.[1*]; Estrada-Medina H. [1]; Jiménez Osornio J. J. M.[1]; Allen M.[2]; Allen E.[2]; Montañez Escalante P.[1]; López Díaz M. [1]; Barrientos Medina R[3].

[1]Departamento de Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán. México.
[2]Universidad de California; Riverside, Departamento de Biología.
[3]Departamento de Ecología, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán. México.

*Autor responsable: Sergio.manriqu3@hotmail.com; Calle 27x 12 y 10 Núm. S/N, Col. Benito Juárez, Mérida, Yucatán. México. CP 97990; Tel. +52 (997)9797697.

Resumen

Se estudió la relación entre el contenido de carbono orgánico del suelo (COS) y la presencia de esporas y porcentaje de colonización de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) de los géneros *Gigaspora* y *Glomus*, para determinar si alguna de estas variables pudiera utilizarse como un indicador biológico para monitorear el estado del COS. El COS se encuentra relacionado con la sustentabilidad y productividad de los sistemas de producción, y las prácticas de manejo que se implementen pueden incrementar o disminuir su contenido en el suelo. El estudio se realizó en el municipio de Tzucacab, Yucatán y se compararon dos usos del suelo (vegetación natural de Selva Baja Caducifolia (SBC) y Sistemas Agroforestales (SAF)), de dos edades (15 y 30 años), durante dos épocas (secas y lluvias). Para probar el efecto de las variables sobre el COS se empleó un análisis de varianza de tres factores, mientras que para analizar la relación del COS con los conteos de esporas de ambos géneros de hongos y el porcentaje de colonización micorrízica, se emplearon modelos lineales generales. Se encontró un mayor contenido de COS en la SBC, siendo los sistemas con mayor edad de barbecho o de manejo los que presentaron mayor cantidad de COS. El modelo lineal entre el COS y la presencia de esporas del género *Glomus* obtuvo una R^2= 0.9983, por lo que se sugiere que el número de esporas de los hongos micorrízicos del género *Glomus* es un buen indicador biológico para evaluar el estado del COS.

Palabras clave
Glomus, Gigaspora, colonización micorrízica, esporas, sistemas agroforestales, selva baja caducifolia, correlación

Introducción

En los últimos años se han incrementado las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), siendo el CO_2 el que presenta la mayor concentración en la atmósfera, con un incremento del 2.2% anual en el periodo del 2000-2010 (IPCC, 2014). Para el año 2005 las principales fuentes de CO_2 fueron la quema de combustibles fósiles (7 Gt de CO_2) y la deforestación en zonas tropicales (0.6-2.5 de Gt) (Lal et al., 2007). La vegetación terrestre es uno de los principales reservorios de carbono; sin embargo en algunos casos, los suelos pueden almacenar aún más carbono (FAO, 2015) por lo que su papel en el secuestro de carbono es muy importante. En condiciones naturales, el carbono se encuentra en un equilibrio dinámico, sin embargo, cuando los sistemas naturales son transformados para agricultura se rompe éste equilibrio, en regiones tropicales se pierde más del 75% del COS, principalmente en forma de CO_2 (Lal, 2004; Corsi *et al*., 2012). La pérdida del COS del suelo contribuye en la degradación de la estructura del suelo, disminuye su fertilidad, incrementa la vulnerabilidad del suelo a la erosión y disminuye la presencia de microorganismos en el suelo (Murray *et al*., 2010). Es importante monitorear la dinámica del COS ya que el uso del suelo y las prácticas de manejo incrementan o disminuyen su contenido en el suelo; y esto a su vez está relacionada con la sustentabilidad y productividad de los sistemas de producción (Martínez *et al*., 2008). Los métodos tradicionales para la determinación del COS son generalmente tardados y caros (Slepetiene *et al*., 2008), por consiguiente es importante encontrar indicadores que nos puedan dar una idea del estado actual del COS de una manera rápida y sencilla. Muchos de los microorganismos del suelo están ligados al ciclo del carbono, siendo los mayores determinantes de la capacidad de almacenaje del COS (Aislabie y Deslippe, 2013). Se ha observado que los hongos micorrízicos arbusculares responden a cambios en el COS, específicamente se ha encontrado, en climas tropicales estacionales, que el género *Gigaspora* está presente de manera más abundante en suelos de vegetación madura y el género *Glomus* es más abundantes en suelos perturbados o de etapas sucesionales tempranas (Allen, *et al*., 2003). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue estudiar la posible relación entre el contenido de COS con la presencia de esporas y colonización micorrízica de *Gigaspora* y *Glomus* para determinar si alguna de éstas variables pudiera utilizarse como un método biológico para monitorear el estado del COS.

Materiales y Métodos

El trabajo se llevó a cabo en el municipio de Tzucacab, Yucatán, México; localizado en la zona sur del estado (19º 38' y 20º 09'de latitud norte y 88º 59' y 89º 14' de longitud oeste) (INEGI, 2010). Para el estudio se consideraron dos usos del suelo: sistemas agroforestales (SAF) y áreas de selva baja caducifolia (SBC), de dos edades (15 y 30 años). Se muestrearon 3 sitios por cada uso del suelo en dos épocas del año (lluvias y secas) y se tomaron al azar 9 muestras de suelo para un total de 216 muestras. Las muestras de suelo se colectaron a una profundidad de 0-30 centímetros y se llevaron al laboratorio donde se dejaron secar al aire para posteriormente realizar la extracción, aislamiento y conteo de las esporas por el método de sacarosa y centrifugación (Iason y Allen, 1986) y el análisis de COS por el método de digestión húmeda y colorimetría (Walkley-Black, 1934). Para la determinación del porcentaje de colonización micorrízica (hifas y vesícula) se empleó el método descrito por Newman, 1996 y Marsh 1997. Todos los análisis se realizaron en el laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Agua (LASPA) del Campus Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CCBA) de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). Para probar el efecto del tipo de sistema,

la edad y la época del año sobre el COS, el conteo de esporas (para ambos géneros de hongos) y el porcentaje de colonización micorrízica, se empleó un análisis de varianza de tres factores en cada caso, previa comprobación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas (con las pruebas de Shapiro-Wilk y Breusch-Pagan, respectivamente). Para analizar la relación del COS con los conteos de esporas de ambos géneros de hongos y porcentaje de colonización micorrízica, se emplearon modelos lineales generales previa comprobación de los supuestos de linealidad, normalidad, homogeneidad de varianzas y autocorrelación (esta última con la prueba de Durbin-Watson). Todos los análisis se realizaron con el programa R-Commander, implementado en el ambiente R (versión 3.2.2).

Resultados y Discusión

La SBC presentó mayor contenido de COS que los SAF. A mayor edad de barbecho para la SBC y a mayor edad de manejo para el caso de los SAF el contenido de COS fue mayor. La comparación del COS en los SAF entre épocas no mostró diferencias significativas, sin embargo en el caso de la SBC se encontraron diferencias entre la SBC de 30 años en época de secas y la SBC de 15 años en época de lluvias y, la SBC de 30 años en época de secas y la SBC de 30 años en época de lluvias. La SBC presentó mayor número de esporas del género *Glomus*. No hubo diferencias estadísticas del número de esporas del género *Glomus* entre edades para ninguno de los dos usos del suelo. En los SAF no hubo diferencias significativas del número de esporas del género *Glomus* entre épocas, en la SBC hubo diferencias entre la SBC de 15 años época de secas y la SBC de 30 años en época de lluvias. Para el caso del número de esporas del género *Gigaspora* no hubo diferencias significativas entre sistemas, y dentro de los sistemas no hubo diferencias entre épocas ni edades. El sistema que presentó un mayor porcentaje de colonización micorrízica fue la SBC pero sin diferencias significativas entre épocas ni edades; para el caso de los SAF solo se presentaron diferencias entre el SAF de 30 años en época de secas y el SAF de 15 años en época de lluvias. El modelo lineal entre el COS y la presencia de esporas del género *Glomus* obtuvo una R^2= 0.9983, valores similares se encontraron en ambas épocas del año. No se encontró relación entre el COS y el número de esporas de *Gigaspora* y la colonización micorrízica. En conclusión, existe una mayor relación del COS con la presencia de esporas del género *Glomus*, ésta relación se mantiene entre sistemas y entre épocas, por lo que ésta variable pudiera servir como un indicador biológico del COS.

Conclusiones

El contenido del carbono orgánico del suelo está relacionado más con el manejo y la edad del sitio que con la época del año. La colonización micorrízica fue mayor en la época de secas y tuvo una relación más débil con el contenido de carbono orgánico del suelo que el número de esporas, en ambos sistemas y edades.

El número de esporas del género *Glomus* tiene mayor presencia y mejor relación con el COS que las esporas del género *Gigaspora*, en ambos sistemas, edades y épocas del año; por lo tanto el número de esporas de los hongos micorrízicos del Género *Glomus* puede ser considerado como un indicador biológico para evaluar el estado del COS.

Agradecimientos

A UC MEXUS y CONACYT por la beca y el financiamiento para realizar este trabajo por medio del proyecto "Effect of land use, soil type and agricultural practices on preserving organic soil carbon stocks" (Clave SISTPROY: FMVZ-2014-0013).
A la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) a través del Programa Integral de Fortalecimiento Institucional (PIFI) y al departamento de Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales por el apoyo económico para asistir al XLI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo.

Referencias

Aislabie, J., Deslippe, J. R., & Dymond, J. (2013). Soil microbes and their contribution to soil services. Ecosystem services in New Zealand: conditions and trends, 143161.

Allen, E.B., Allen, M.F., Egerton-Warburton, l., Corkidi, l. y Gómez-Pompa, A. (2003). Impacts of early- and late- seral mycorrhizae during restoration in seasonal tropical forest, México. Ecological Applications. 13:1701-1717.

Corsi, S., Friedrich, T., Kassam, A., Pisante, M. & Sà, J.M. 2012. Soil organic carbon accumulation and carbon budget in conservation agriculture: a review of evidence. Vol. 16. FAO Integrated Crop Management.

FAO y ITPS. 2015. Status of the World's Soil Resources (SWSR)-Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy

Ianson, D. C. y Allen, M. F. (1986). The effects of soil texture on extraction of vesicular- arbuscular mycorrhizal fungal spores from arid site. Mycologia. 78: 164-168.

IPCC. 2014. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Science 304: 1623- 1627.

Lal, R., R.F. Follett, B.A. Stewart & J.M. Kimble. 2007. Soil carbon sequestration to mitigate climate change and advance food security. Soil Science 172(12):943-956.

Marsh, B. A'B. 1997. Measurement of length in random arrangements of lines. Journal of Applied Ecology. 8: 265-267.

Martínez H., E., J. P. Fuentes E. y E. Acevedo H. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. R. C. Suelo Nutr. Veg. 8: 68-96.

Murray, R.M., Orozco, M.G., Hernández, A., Lemus, C. y Nájera, O. 2014. El sistema agroforestal modifica el contenido de materia orgánica y las propiedades físicas del suelo. Revista de investigación y difusión científica agropecuaria. 18:23-31.

Newman, E.I. 1966. A method of estimating the total length of a root in a sample. Journal of Applied Ecology. 3:139-145.

Slepetiene, A., Slepetys, J., & Liaudanskiene, I. 2008. Standard and modified methods for soil organic carbon determination in agricultural soils. Agron Res, 6(2), 543-554.

Walkley, A. and Black, I. A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science. 37:29–38.

Simposio 6:

MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS

EFECTO ACUMULADO DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACION EN RENDIMIENTO DE MAÍZ Y PROPIEDADES DEL SUELO EN EL ALTIPLANO DE MEXICO

Martínez-Gamiño, M. A.[1*] y Osuna-Ceja E. S.

[1]INIFAP-CIRNE-C. E. San Luis. Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México.
[2]INIFAP-CIRNOC-C. E. Pabellón, Aguascalientes, México.

*Autor responsable: martinez.miguelangel@inifap.gob.mx, Domicilio conocido Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México. CP 78430; Tel. +52 (55)-3871-8700 extensión 83405.

Resumen

El estudio se inició en 1995 en el Campo Experimental San Luis con una rotación maíz-avena forrajera de riego. El objetivo fue evaluar el efecto acumulado de la agricultura de conservación en el rendimiento de maíz de grano y propiedades del suelo. Los tratamientos fueron : 1) barbecho más rastra (B+R), 2) rastra (R), 3) multiarado (M), 4) cero labranza sin residuos (LC+0%C), 5) cero labranza con 33% de residuos (LC+33%C), 6) cero labranza con 66% de residuos (LC+66%C), y 7) cero labranza con el 100% de residuos (LC+100%C). Se empleó un diseño en bloques al azar con dos repeticiones. Se reportan resultados obtenidos en el período 2012 a 2015. Se empleó el híbrido XR-45 con 69,000 plantas por hectárea. El manejo del cultivo fue de acuerdo al paquete tecnológico recomendado por el INIFAP. El análisis estadístico del rendimiento de grano reportó diferencias altamente significativas favorable a los tratamientos con labranza cero en relación al tratamiento con B+R, sobresaliendo el rendimiento en el tratamiento LC+33%C, el cual obtuvo un rendimiento promedio de 10.68 t ha^{-1} contra 6.90 t ha^{-1} del tratamiento B+R. El análisis financiero indica una relación beneficio costo de 3.15 en el tratamiento de LC+33%C contra 2.32 del B+R. Las características físicas de resistencia mecánica, densidad aparente y porosidad se afectaron positivamente en los tratamientos con cero labranza en relación al B+R. Se concluye que el efecto acumulativo de la agricultura de conservación se manifestó en el desarrollo del cultivo y un incremento del 55% en el rendimiento del grano

Palabras clave

Agricultura de Conservación; maíz; rendimiento.

Introducción

El principal problema a resolver con este proyecto fue la baja continuidad en parcelas con diferentes métodos de labranza en riego que permitan obtener el efecto acumulativo en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y de la productividad del cultivo de maíz en condiciones de riego. Aun cuando se tiene información sobre investigación en labranza desde hace más de 30 años, son pocos los lotes experimentales, en México, con más de cinco años de antigüedad, y en condiciones de riego son aún más escasos (Figueroa, 1999). Por lo anterior, resulta importante mantener lotes de investigación en labranza a largo plazo, que sirvan de base en la toma de decisiones referente al apoyo de nuevos métodos de producción con un enfoque de agricultura de conservación, así como generar nuevas opciones y adecuaciones que permitan a los productores mantenerse en un esquema

competitivo dentro de las exigencias de los mercados actuales en cuanto a costos y conservación de los recursos naturales suelo y agua principalmente (Claverán, 2002 y Fragoso *et al.*, 2002). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto acumulativo de la agricultura de conservación en el rendimiento de maíz de grano y propiedades del suelo.

Materiales y Métodos

Se evaluaron los tratamientos de labranza establecidos desde 1995 en un lote experimental en condiciones de riego en el Campo Experimental San Luis, en el Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, con una rotación maíz-avena forrajera. Los tratamientos de labranza que se evaluaron fueron: 1) barbecho más rastra (B+R), 2) rastra (R), 3) subsoleo con el multiarado (M), 4) cero labranza sin cubierta por residuos (LC+0%C), 5) cero labranza con 33% de la superficie del suelo cubierta por residuos (LC+33%C), 6) cero labranza con 66% de la superficie del suelo cubierta por residuos (LC+66%C), y 7) cero labranza con el 100% de la superficie del suelo cubierta por residuos (LC+100%C). Cada tratamiento está establecido en parcelas de 10 surcos a 0.80 m entre sí por 30 m de longitud El material genético empleado fue el híbrido XR-45 con una densidad de población de 69,000 plantas por hectárea. Para el control de gusano cogollero se aplicó en dosis de 75 ml por hectárea el insecticida Palgus. La maleza, en los tratamientos con cero labranza se controló antes de la siembra mediante la aplicación de Faena en dosis de dos litros por hectárea. En todos los tratamientos, se aplicó Gesaprim Combi en preemergencia del maíz en dosis de 1 litro por hectárea. El rendimiento de maíz se obtuvo de parcelas de seis metros de longitud por dos surcos separados a 0.80 m. La información se analizó de acuerdo al modelo de un diseño de bloques al azar con dos repeticiones.

Resultados y Discusión

En la Figura 1 se presentan los valores obtenidos de densidad aparente en los estratos 0.0-0.025, 0.025-.010 y 0.10-0.15 m. Los tratamientos con labranza cero presentaron valores de densidad aparente inferiores a los registrados por los tratamientos con B+R, R y M en los tres estratos evaluados. Lo anterior indica que el hecho de no alterar la estructura del suelo durante 20 años favoreció a la formación de una estructura con mayor volumen de los espacios vacíos, principalmente en el estrato superior de 0.0.0-0.025 m. En cambio, con el uso del barbecho, rastra y multiarado, la estructura del suelo se ha destruido al inicio de cada ciclo de cultivo y en donde, al reacomodarse de nuevo las partículas de suelo, forman una estructura masiva con menor volumen de espacios vacíos. Es notorio como el tratamiento de B+R obtuvo los valores más altos de densidad aparente, indicando que esta práctica destruye la estructura del suelo desde la superficie hasta una profundidad de 0.15 m.

La resistencia mecánica del suelo con diferentes tratamientos de labranza al final del ciclo se presenta en la Figura 2. La compactación del suelo al final del ciclo de cultivo fue mayor en los tratamientos B+R y R comparado con el resto de los tratamientos. Lo anterior pone en evidencia la destrucción de la estructura del suelo al barbechar y/o rastrear el suelo como método de preparación del suelo, ocasionado que debido a la baja cantidad de materia orgánica en el suelo, las partículas se reacomoden de una forma masiva, compactando la parte superior del perfil del suelo.

En la Figura 2 se observa que el suelo que fue sometido a labranza de conservación presentó valores menores de compactación en ambas profundidades, situación que era de esperarse, ya que en labranza de conservación se dejó una cubierta de 2 ton ha^{-1} de rastrojo seco de maíz sobre la superficie del suelo y se realizó menor movimiento de la capa arable durante la preparación del suelo. Diversos

autores coinciden en señalar que la labranza de conservación contribuye de manera importante a disminuir la compactación del suelo (Figueroa, 1999; Fregoso *et al*, 2002; Martínez y Jasso, 2004). Diferencias mayores deberán presentarse en los siguientes ciclos de cultivo.

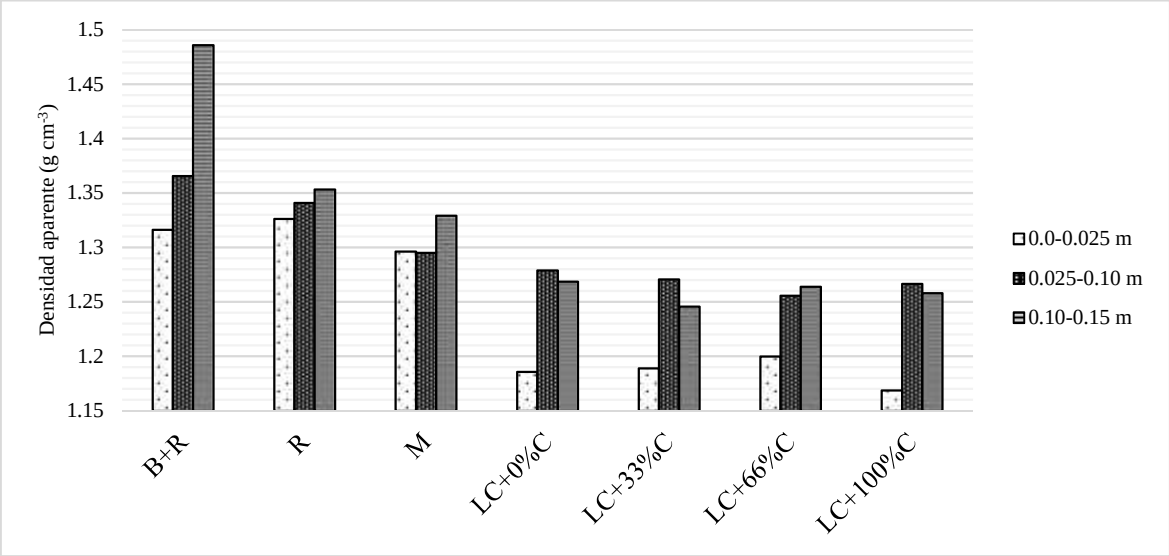


Figura 1. Efecto de 20 años sin alterar el suelo en la densidad aparente de varios tratamientos de labranza en el Campo Experimental San Luis.

En la Figura 3 se presenta la porosidad en los tratamientos B+R y CL33 en un perfil de 0-25 cm. La porosidad reportada en el tratamiento B+R fue muy inferior a la reportada en el tratamiento LC+33%C en las profundidades marcadas en el perfil del suelo, pero especialmente a los 5 y 10 cm de profundidad. La explicación de estos resultados estriba en el hecho de que en el tratamiento con LC33 el suelo no se ha barbechado durante los últimos 20 años, por consiguiente, la porosidad del suelo no se ha destruido y es un reflejo de su estructura, vacíos dejados por raíces, y la actividad de la fauna. Estos resultados son de gran valía dado que refuerzan los resultados obtenidos por medios indirectos reportados anteriormente, como son la densidad e infiltración (Faulkner, 1974).

En la Figura 4 se presenta el rendimiento promedio de maíz de 2012 a 2015. Los mejores rendimientos se obtuvieron con los tratamientos con los tratamientos de agricultura de conservación, los cuales superaron en promedio con más de tres toneladas por hectárea al B+R.
En 2012 y 2014, los tratamientos con B+R, R y M fueron afectados por problemas en la emergencia del cultivo debido a lluvias antes de la emergencia de plantas, lo cual generó una reducción del 30% de la densidad en relación a los demás tratamientos. En estos tratamientos fue necesario realizar un rastrillado manual para romper la costra compactada del suelo, en cambio en los tratamientos con agricultura de conservación, no fue necesaria esta labor de descostramiento, pues esa lluvia ligera después de la siembra no afecto la emergencia de las plantas. Este es un ejemplo que indica que en los tratamientos B + R, R y M la estructura del suelo se destruye, ocasionando la compactación de la superficie del suelo con lluvias menores a 5 mm. De igual forma, el mejor rendimiento en los tratamientos con agricultura de conservación fue debido a la mejor estructura del suelo, dado que no se ha destruido desde 1995. Las raíces tuvieron mejor desarrollo, las plantas y el rendimiento fue una consecuencia de la mejor estructura del suelo. El análisis financiero indicó una relación beneficio costo de 3.15 en el tratamiento de LC+33%C contra 2.32 del B+R.

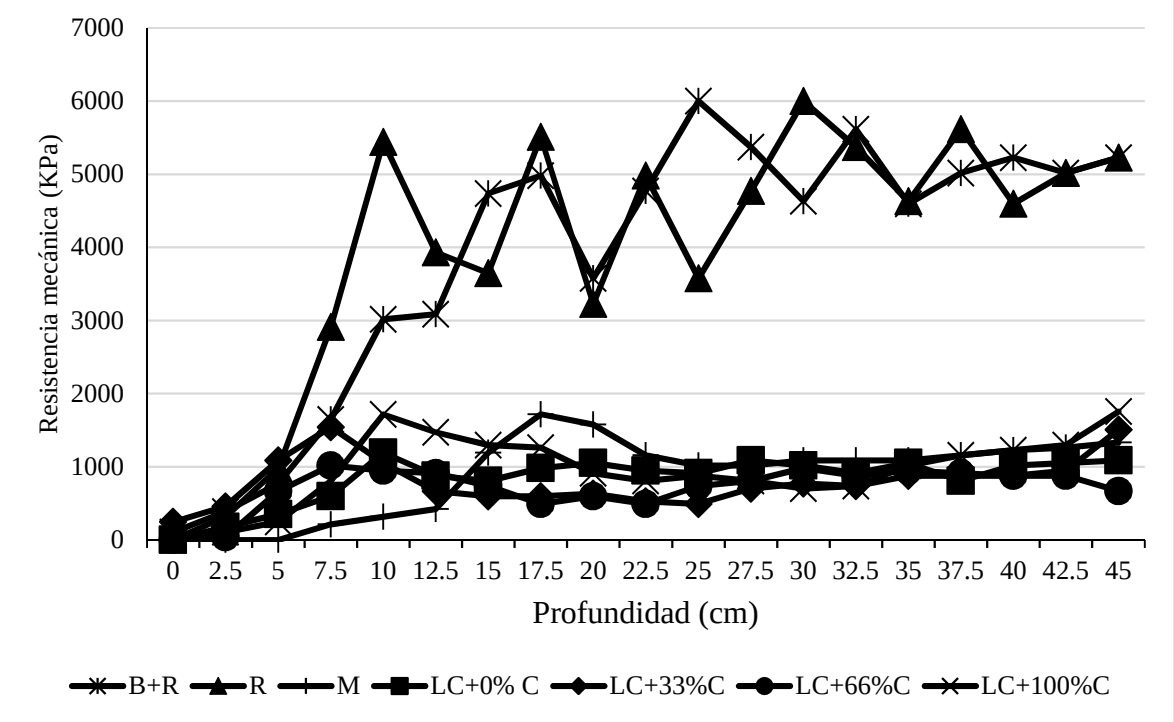


Figura 2. Resistencia mecánica del suelo con diferentes métodos de preparación del suelo al final del ciclo de cultivo con maíz de riego en el Campo Experimental San Luis.

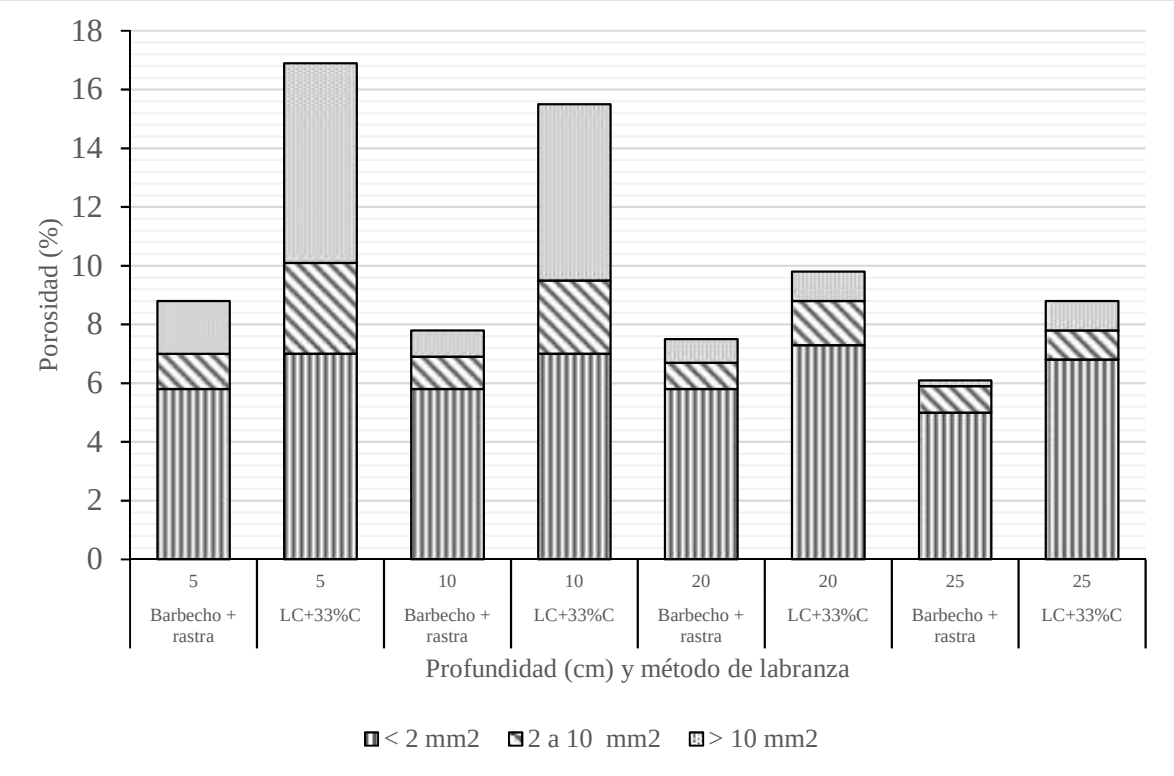


Figura 3. Porosidad del suelo con diferentes métodos de preparación del suelo al final del ciclo de cultivo con maíz de riego en el Campo Experimental San Luis.

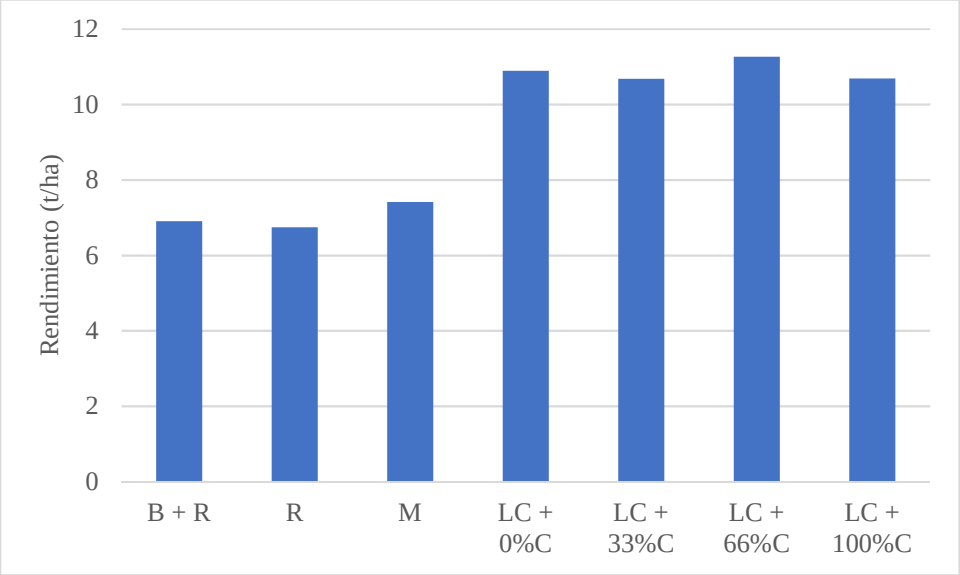


Figura 4. Rendimiento de maíz con diferentes métodos de labranza en el Campo Experimental San Luis, período 2012 a 2015.

Conclusiones

Los tratamientos sin barbecho permiten conservar la estructura del suelo y con ello se favoreció un mejor desarrollo de las plantas, incrementando en promedio un 55% el rendimiento en relación al B +R.

Referencias

Angeles, J.M. y Rendón, P. 1994. Riego eficiente y la labranza de conservación en una rotación trigo-sorgo para Guanajuato. México. 15th World Congress of Soil Science. Vol 7b. Acapulco, Gro. p127-128.

Claverán, A. R. 2000. Panorámica de la labranza de conservación en México y en América latina. Simposium Internacional de Labranza de Conservación, Mazatlán, México. pv.

Erenstein, O. 1999. La conservación de los residuos en los sistemas de producción de maíz en Ciudad Guzmán y San Gabriel, Jalisco. Documento del NRG 99-01. México, D. F.: CYMMYT. 35 p.

Faulkner, E. H. 1974. Plowman´s Folly. Oklahoma University Press. USA. 138p.

Figueroa S., B. 1999. Manual de producción de cultivos con labranza de conservación. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. 273 p

Fragoso T., L. E., J. R. Salinas G., J. M. Cabrera S., J. E. Morrison Jr., W. Lepori. 2002. Efecto de sistemas de labranza sobre la calidad de vertisoles en el Bajio. Publicación técnica N° 1. CENAPROS-INIFAP-SAGARPA. 42 p.

Martínez G., M. A. y Jasso Ch. C. 2004. Efect of conservation tillage in a corn-oat rotation system on corn and forage oat yield in the Norh-Central Region of Mexico. In Proceedings 26th Southern Conservation Tillage Conference for Sustainable Agriculture. North Carolina Agricultural Research Service, Technical Bulletin T9-321.1256-160 pp.

RIESGO A LA EROSIÓN HÍDRICA EN MICROCUENCAS: CASO MEZQUITALILLO, ARMADILLO DE LOS INFANTE, S.L.P.

Loredo-Osti, C.[1*]; Lara-Mireles, J.L.[1]; Beltrán López, S.[2]; Rojas Velázquez A. N.[1]; Cortés Medellín E.[3]; Valdez-Cepeda, R.D.[4,5]

[1]Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, SLP, México.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental San Luis. México.
[3]Tesista de la carrera Ingeniero Agrónomo Zootecnista de la Facultad de Agronomía y Veterinaria, UASLP
[4]Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro Norte. Zacatecas, Zac., México.
[5]Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Matemáticas. Zacatecas, Zac., México.

*Autor responsable: catarina.loredo@uaslp.mx; Anayansi 208, Himno Nacional 2ª. Secc. San Luis Potosí, S. L. P. México. CP 78369; Tel. +52(444)-8524057

Resumen

Los programas de manejo del suelo y agua con enfoque de microcuenca son necesarios para el manejo sostenible de los recursos. En este trabajo se caracterizaron los recursos de la microcuenca "Mezquitalillo" localizada en la vertiente oeste de la Sierra de Álvarez, San Luis Potosí, México. Una base de datos se generó vía digitalización de mapas temáticos sobre uso actual y uso potencial del suelo. Con el apoyo de un Sistema de Información Geográfica (SIG) y la *Ecuación Universal de Pérdida de Suelo* se obtuvieron mapas de riesgo a la erosión hídrica. La tecnología disponible se analizó a fin de identificar las prácticas adecuadas. La microcuenca tiene una superficie de 5,352.16 ha y una población de 671 habitantes. La temperatura media anual es de 18.3˚C y la precipitación media anual es de 565.6 mm. Los tipos de suelo principales son: Feozem lúvico (2,065.42 ha), Litosol (1,921.92 ha) y Luvisol (1,364.72 ha). El terreno presenta pendientes mayores de 20%. La vegetación dominante (2,831 ha) es bosque caducifolio de *Quercus* asociado a *Juniperus* y chaparral; 753 ha de pastizal, 984 de chaparral y 781 ha de agricultura de secano (temporal). Con relación al uso potencial del suelo, las clases dominantes son: clase VIII (2707.3 ha), VII (1,977.15 ha) y VI (643.66 ha). La evaluación del riesgo potencial a la erosión hídrica indica que el 4.2% de la superficie presenta riesgo de erosión leve (pérdida de suelo < 10 ton ha^{-1} $año^{-1}$), 18.7% riesgo moderado (10-50 ton ha^{-1} $año^{-1}$), 54% riesgo de erosión alto (50-200 ton ha^{-1} $año^{-1}$) y 23.1% tiene riesgo de perder más de 200 ton ha^{-1} $año^{-1}$. Sin embargo, al estimar la erosión actual, dominan las erosiones moderada y leve. Con la participación de productores se obtuvo y aplicó un programa de manejo del suelo en terrenos forestales y pastizales, con diseños tipo para el control de la erosión hídrica.

Palabras clave

Microcuenca, Riesgo de erosión, SIG.

Introducción

En México, la capacidad productiva de los ecosistemas se está perdiendo en forma considerable debido a la sobreutilización de los recursos. Los agostaderos son los ecosistemas que más se han deteriorado, ya que el sobrepastoreo ha dañado a más de 60 millones de hectáreas. En segundo lugar de daño se encuentran las áreas forestales y en tercer lugar la agricultura de secano (temporal), en la

cual se han identificado 21 millones de hectáreas con problemas de erosión hídrica y eólica (Ortiz *et al.*, 1994). La degradación de los recursos por erosión origina pérdidas de suelo, disminución de la productividad e incapacidad del sistema para recuperarse en forma natural en un lapso de tiempo razonable (Alexander, 1988).

Para el control satisfactorio de la erosión, es importante considerar los principios que regulan las cuencas hidrológicas (Brooks *et al*., 1991). Una cuenca es toda área limitada por un parteaguas y drenada por una corriente o sistema de corrientes, cuyas aguas concurren en un punto de salida (CPCH, 1977). En la cuenca existen factores bióticos, abióticos, climáticos, hídricos, sociales, económicos y culturales que se relacionan entre sí, dando a cada cuenca su propia dinámica. La microcuenca es considerada la unidad de planeación y programación de acciones, donde se pueden desarrollar y coordinar los servicios integrados de las instituciones (Loredo *et al.*, 2007).

Con relación al manejo, las prácticas para la conservación del suelo, deben incluir cuatro acciones básicas: 1) proteger el suelo contra el impacto de las gotas de lluvia; 2) incrementar la capacidad de infiltración para reducir el escurrimiento superficial; 3) mejorar la estabilidad de los agregados del suelo para hacerlo más resistente a la erosión por salpicamiento y 4) aumentar la aspereza o rugosidad de la superficie para reducir la velocidad del escurrimiento (Kirkby y Morgan, 1984). Uno de los factores importantes, en este proceso, es la evaluación del riesgo a la erosión el cual tiene como objeto identificar las áreas donde la productividad sostenible de un uso específico de la tierra es amenazada por una pérdida excesiva de suelo (Loredo *et al.*, 2007).

Para estimar el riesgo a la erosión y realizar planes de manejo y conservación que mantengan la productividad de la tierra se ha utilizado la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) (Bravo *et al*., 2007). Ésta es un modelo empírico que predice la pérdida anual promedio de suelo originada por erosión laminar y en surcos sin considerar a la erosión en cárcavas (Wischmeier y Smith, 1978). La aplicación de este modelo está limitada por la disponibilidad de bases de datos representativos de cada factor de la ecuación. Su expresión es la siguiente: A=RKLSCP; donde: A = Pérdida de suelo (ton ha^{-1} $año^{-1}$); R = Erosividad de la lluvia [MJ mm (ha hr año)$^{-1}$]; K = Erosionabilidad del suelo (ton hr^{-1} MJ mm); L = Factor asociado a la longitud de la pendiente; S = Factor por grado de pendiente; C = Factor por cubierta vegetal; y, P = Factor por prácticas de manejo. LSCP son adimensionales. En los últimos decenios, este modelo se ha integrado con los SIG para estimar la erosión esperada a una escala regional o de cuenca (Mellerowics *et al*., 1994). En México se han realizado varios estudios (e.g. Loredo *et al*., 2007; Flores *et al*., 2002). Los objetivos de este trabajo fueron caracterizar los recursos de la microcuenca "Mezquitalillo" localizada en la vertiente oeste de la Sierra de Álvarez, San Luis Potosí, México, estimar el riesgo potencial a la erosión hídrica y proponer acciones de manejo para el control de la erosión.

Materiales y Métodos

La microcuenca Mezquitalillo se localiza en el municipio de Armadillo de los Infante, S. L. P., México, entre los 22˚07˙50" y 22˚09˙55" N, 100˚37˙01" y 100˚40˙43" O. El clima es seco estepario templado, con una temperatura media anual de 18.3 ºC y precipitación media anual de 565.6 mm. La superficie es de 5,352.16 ha. Las localidades que la integran son: Corral de Piedra, El Milagro, El Pato, La Cardona, La Lagunita, Lagunita de San Juan, Los Matías, Los Mireles, Mezquitalillo, Piedra Agujerada y San Cayetano (INEGI, 2005).

El proceso consistió en delimitar la microcuenca y obtener mapas temáticos sobre fisiografía, edafología, uso actual y uso potencial del suelo tomando como base cartografía de INEGI y el modelo de elevación digital escala 1:50000 (INEGI, 1978; 2005), usando el software ARC/INFO™ estación de trabajo y ARCVIEW™; obteniendo las bases de datos de cada tema. Para la predicción de riesgo a la erosión, superposiciones de las diferentes capas fueron realizadas, obteniendo un mapa final de

riesgo potencial a la erosión hídrica, con el apoyo de Sistemas de Información Geográfica y el modelo de predicción de pérdidas de suelo EUPS, de acuerdo a las siguientes categorías: riesgo de erosión ligera (pérdida de suelo < 10 ton ha^{-1} $año^{-1}$), moderada (10-50 t ha^{-1}), alta (50-200 t ha^{-1}) y, muy alta (>200 t ha^{-1}). La erosividad de la lluvia se obtuvo, mediante la ecuación propuesta por Cortés (Figueroa *et al.*, 1991) correspondiente a la Región IV: $Y=2.89594x+0.002983x^2$, donde "Y" corresponde al índice de erosividad y "x" representa la precipitación media anual. Para la selección de las prácticas se consideraron las recomendaciones recopiladas por Loredo (2005).

Resultados y Discusión

Suelos

Los suelos predominantes son del tipo feozem (solo o asociado a otras unidades); en segundo se encuentran los litosoles; los de menor presencia son del tipo de luvisol, aún cuando representan el 25% de la superficie (Cuadro 1).

Cuadro 1. Unidades de suelo de la microcuenca Mezquitalillo, Armadillo de los Infante, S. L. P.

Tipo	Descripción	Área (ha)	Porcentaje (%)
Hl+I/2c	Feozem lúvico, textura media asociado a Litosol escarpado	2065.42	38.59
I+E/3c	Litosol asociado a Rendzina de textura fina, escarpado	857.33	16.02
I+E+Hl/3c	Litosol asociado a Rendzina y Feozem lúvico de textura fina	329.60	6.16
I+Hl/2c	Litosol asociado a Feozem lúvico, de textura media escarpado	113.72	2.12
I+Lc/3c	Litosol asociado a Luvisol crómico, textura fina, escarpado	621.37	11.61
Lo+I/3c	Luvisol órtico de textura fina asociado a Litosol, escarpado	1364.72	25.50

Vegetación y uso actual del suelo.

Con relación a vegetación y uso del suelo (Cuadro 2), en la mayor parte de la cuenca se practica la actividad forestal y existe bosque natural de latifoliadas (encino) asociado a bosque caducifolio de enebro ó juniperus y matorral crasirosulifolio. La vegetación que cubre las áreas pecuarias está constituida por pastizal natural, así como chaparral asociado a bosque de encino.

Cuadro 2. Tipos de vegetación y uso actual del suelo de la microcuenca Mezquitalillo, Armadillo de los Infante, S. L. P.

Vegetación o uso	Descripción	Superficie	
		(ha)	%
AtpA	Agricultura de temporal permanente para cultivos anuales	781.83	14.6
Ch	Chaparral	19.47	0.36
Ch-FBL(Q)-Cr	Chaparral-Bosque natural de latifoliadas (encino)-crasi-rosulifolios espinosos	836.68	15.64
Ch-FBL(Q)-Iz	Chaparral-Bosque natural de latifoliadas (encino)-izotal	128.26	2.40
Pn	Pastizal natural	34.54	0.65
Pn-Ch	Pastizal natural-Chaparral	72.56	1.36
Pn-Ch-Cr	Pastizal natural-Chaparral-crasi-rosulifolios espinosos	519.94	9.72
Pn-FBL(Q)	Pastizal natural- Bosque natural de latifoliadas (encino)	126.71	2.37
FBL(Q)-Ch-CR	Bosque natural de latifoliadas (encino)-Chaparral-crasi-rosulifolios espinosos	252.49	4.72
FBL(Q)-FBC(J)	Bosque natural de latifoliadas (encino)- bosque caducifolio de enebro ó juniperus	164.23	3.07
FBL(Q)-FBC(J)-Cr	Bosque natural de latifoliadas (encino)- bosque caducifolio de enebro ó juniperus- crasirosulifolio	2414.53	45.12

Uso potencial del suelo

El uso potencial de las tierras se refiere al uso intensivo que puede soportar el suelo, garantizando una producción agropecuaria sostenida y una oferta permanente en el tiempo de bienes y servicios ambientales, sin deteriorar los recursos naturales. Sólo las clases I-IV tienen aptitud para uso agrícola incrementándose el grado de restricción conforme se incrementa el número de clase, de tal forma que las tierras de clase IV presentan serias limitaciones para su cultivo. La microcuenca "Mezquitalillo" tiene vocación forestal y de recreación ya que más de la mitad de la superficie corresponde a las clases VII y VIII (Cuadro 3). Sin embargo, existen áreas destinadas a la agricultura donde los productores cultivan el terreno mediante sistema de terraceo.

Cuadro 3. Clasificación de tierras por capacidad de uso en la microcuenca Mezquitalillo.

Clase de capacidad de uso de la tierra	Superficie(ha)	(%)
Clase VI/s limitada por suelo	502.67	9.39
Clase VI/st limitada por suelo y topografía	106.27	1.99
Clase VI/t limitada por topografía	34.72	0.65
Clase VII/s limitada por suelo	1492.64	27.89
Clase VII/st limitada por suelo y topografía	484.55	9.06
Clase VII/t limitada por topografía	23.07	0.43
Clase VIII	2707.29	50.59

Erosión potencial y actual

La erosión potencial es la que se produciría si se elimina completamente la cubierta vegetal sin afectar al resto de parámetros de la EUPS. En la microcuenca, la evaluación del riesgo potencial a la erosión hídrica indica que en 80% de la superficie la erosión potencial rebasa a los límites permisibles de pérdida de suelo (10 t ha^{-1} $año^{-1}$); solamente 4.2 % del terreno presenta riesgo de erosión leve, 18.7% riesgo moderado, 54% riesgo de erosión alta, y 23.1% tiene riesgo de perder más de 200 ton ha^{-1} $año^{-1}$. Sin embargo, al considerar el factor por cubierta vegetal se estimó la erosión actual y se observó que la mayor parte de la microcuenca presenta erosión moderada y erosión leve, debido al tipo de cubierta forestal.

Cuadro 4. Clase de erosión potencial en la microcuenca Mezquitalillo.

Clase de Erosión	Superficie(ha)	Porcentaje (%)
Ligera(< 10 ton ha^{-1} $año^{-1}$)	223.23	4.2
Moderada(10-50 ton ha^{-1} $año^{-1}$)	992.74	18.7
Alta(50-200 ton ha^{-1} $año^{-1}$)	2870.63	54.0
Muy Alta (>200 ton ha^{-1} $año^{-1}$)	1226.32	23.1
Total	5312.92	100.0

Prácticas de manejo

Estos escenarios fueron presentados en diferentes foros y en cursos de capacitación ofertados a productores. Los resultados de este estudio se integraron al Plan Rector. Con recursos de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos (SEDARH), la Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA), la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la participación entusiasta de los productores a partir del año 2003 se integró un comité para desarrollar un *Plan Rector de Producción y Conservación* para establecer un ordenamiento en el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales y actividades de beneficio productivo para la comunidad.

Conclusiones

Con el uso de la EUPS se identificaron las superficies con riesgo potencial y actual a la erosión hídrica, así como la erosión esperada con manejo de cobertura y prácticas mecánicas en la microcuenca Mezquitalillo. Más del 75% de la superficie de la microcuenca tiene un riesgo potencial alto y muy alto de pérdida de suelo; sin embargo, la vegetación actual de bosque en la mayor parte del territorio permite que la erosión actual dominante se mantenga en los límites de leve a moderada. Con la participación activa de los productores y la intervención de diversas instituciones fue posible definir acciones prioritarias para el manejo de los recursos agua, suelo y vegetación. Esta información se integró al Plan Rector de la microcuenca Mezquitalillo, donde se han realizado prácticas mecánicas y manejo de la cobertura. Falta evaluar el impacto de dichas acciones.

Agradecimientos

Al programa de mejoramiento del profesorado (PROMEP) por el financiamiento para este estudio en el marco del Convenio PROMEP/103.5/09/4244; folio: UASLP-PTC-258. Al Fondo sectorial CONACYT-CONAFOR por el financiamiento del proyecto 2002-6320: "Evaluación de tierras para el manejo integrado de 32 microcuencas hidrológicas en San Luis Potosí" desarrollado por el INIFAP donde se obtuvo la información cartográfica de riesgo a la erosión.

Referencias

Alexander E. B. 1988. Rates of soil formation: implications for soil-loss tolerance. Soil Sci (145) 37-45.

Bravo, E.M., E. Mendoza, L.E. Medina. 2008. Escenarios de erosión bajo diferentes manejos agrícolas en la cuenca del Lago Zirahuén, Mich. México. Investigaciones Geográficas 68:11-21

Brooks, K. N., P. Ffolliot, F., H. Gregersen M. and J.Thames L. 1991. Hydrology and the Management of Watersheds. Iowa State University Press/Ames. 392 p.

Colegio de Postgraduados de Chapingo. 1977. Manual de Conservación del Suelo y Agua. Instructivo. SARH-SPP. Chapingo, México. 248 p.

Figueroa, S. B., Amante O. A., Cortés T. H. G., Pimentel L. J., Osuna C. E. S., Rodríguez O. J. M. y Morales F. F. J. 1991. Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión. SARH. Colegio de Postgraduados. Centro regional para estudios de zonas áridas y semiáridas. 159 pp.

Flores, L., H. E., M. Martínez, J. L. Oropeza, E. Mejía y R. Carrillo. 2002. Integración de la EUPS a un SIG para estimar la erosión hídrica del suelo en una cuenca hidrográfica de Tepatitlán, Jalisco, México. Terra Latinoamericana 21(2) 233-244.

INEGI. 1978. Cartas F14A-84, F14A-85, Topografía, Edafología, Uso actual y vegetación, Uso Potencial (escala 1:50,000).

INEGI. 2010. Censo de población y vivienda.

Kirkby, M.J. y R.P.C. Morgan. 1984. Erosión del suelo. John Wiley & Sons.

Loredo-Osti, C. 2005. Prácticas para la conservación del suelo y agua en zonas áridas y semiáridas. INIFAP-CIRNE-Campo Exp. San Luis. Libro técnico No. 1. San Luis Potosí, S.L.P. México. 187 p.

Loredo-Osti C., S. Beltrán López, F. Moreno Sánchez, M. Casiano Domínguez. 2007. Riesgo a la Erosión Hídrica y Proyección de Acciones de Manejo y Conservación del Suelo en 32 Microcuencas de San Luis Potosí. Libro Técnico No. 3.INIFAP-CIRNE-Campo Experimental San Luis. San Luis Potosí, S.L.P. México. 209 p.

Mellerowics, K. T., H. W. Rees, T. L., I. Ghanem. 1994. Soil conservation planning at the watershed level using the universal Soil Loss Equation with GIS and microcomputer technologies: a case study. J of Soil and Water Conservation 49 (2) 194-200.

Ortiz S., M. de la L.; Anaya G., M.; y Estrada B. W. J. 1994. Evaluación, cartografía y políticas preventivas de la degradación de la tierra. México. 49 p.

Wischmeier, W. H. and Smith, D.D. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning, USDA Agric. Handbook 537.

Simposio 7:

LA RIZÓSFERA DEL MAÍZ: SIGNIFICANCIA AGRONÓMICA

ESTRATEGIAS BIOLÓGICAS QUE OPTIMIZAN LA EFICIENCIA EN EL USO DE FÓSFORO Y PRODUCTIVIDAD EN MAÍZ NATIVO

Bayuelo-Jiménez, J.S.[1*]; Iván Ochoa[2]; Ricardo E. Preciado-Ortíz[3]; Marcos Soto Hernández[4]

[1]Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Km. 9.5 Carr. Morelia-Zinapécuaro. Tarímbaro, Michoacán C.P. 58880. México.
[2]Subdirección de Investigación y Desarrollo, Unipalma de los Llanos S.A., Hacienda Santa Bárbara, municipio de Veracruz, Meta, Colombia.
[3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km 6.5 Carr. Celaya, San Miguel de Allende, Celaya, Guanajuato, C.P. 38110. México.
[4] Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, Km. 36.5, Texcoco, 56230 Montecillo, Estado de México.

*Autor responsable: bayuelo@umich.mx Tel. +52 (443-3223500 Ext 5231)

Resumen

Aun cuando existen diversos factores asociados con la inseguridad alimentaria, entre las principales causas de este problema está el reducido rendimiento de los cultivos en sistemas agrícolas tradicionales. La sequía y la baja fertilidad natural de los suelos, son los factores primarios que enfrentan los diversos sistemas agrícolas de la nación. En el Centro Occidente de México es común encontrar suelos con deficiencia de fósforo (P) y estas condiciones edáficas son exacerbadas por el inadecuado manejo del suelo y por esquemas productivos de subsistencia que desfavorecen la obtención de adecuados rendimientos. La clave para la sostenibilidad de la seguridad alimentaria en estas condiciones edáficas requiere de la implementación de novedosas prácticas de manejo que mejoren la eficiencia en la adquisición y/o utilización de los nutrientes en sistemas productivos con reducido estado de fertilidad o mediante el uso de cultivares que requieran moderados o mínimos insumos agrícolas externos para expresar su productividad potencial. Las razas de maíz de la Meseta P'urhépecha son de particular interés en la producción agrícola ya que en condiciones de reducida disponibilidad de P en el suelo incrementan la eficiencia en su adquisición y rendimiento por unidad adquirida. A pesar de estos hallazgos, la inclusión de estas características en programas de mejoramiento de maíz es nula. Lo anterior es atribuible a que no se han desarrollado métodos de selección que aseguren la identificación fenotípica y genética de los caracteres de la eficiencia en el uso de P (EUP), el desconocimiento de los mecanismos hereditarios y del potencial genético contenido en el germoplasma de maíz, su desarrollo en diversos sistemas de cultivo y la incertidumbre de sus efectos en la fertilidad del suelo y productividad a largo plazo. El objetivo de este estudio fue seleccionar y promover la adopción de variedades nativas de maíz eficientes en la EUP para incrementar el desarrollo sostenible de los agro-ecosistemas de la región.

Palabras clave: *Zea mays* L; eficiencia en el uso de fósforo; Andosol

Introducción

El Estado de Michoacán, particularmente la Subprovincia Neovolcánica P'urhépecha, constituye uno de los centros más diversos de razas de maíz. En particular, las variedades nativas de la Meseta P'urhépecha están adaptadas a los ambientes de reducida fertilidad y poseen características que no son comunes en el germoplasma élite. En esta región, es común encontrar híbridos sintéticos e híbridos que han pasado por criolización, un proceso mediante el cual las variedades mejoradas están

expuestas al mejoramiento de los agricultores, a la selección de semilla y a la hibridación con las variedades locales. Las condiciones ambientales de esta región son adversas y los suelos son frágiles, de una menor capacidad productiva y un alto riesgo de degradación. Los Andosoles representan un importante recurso para la agricultura de la región debido a su baja densidad aparente, alto contenido de materia orgánica, porosidad y capacidad de retención de agua que favorece el desarrollo de las raíces y el crecimiento (Nanzyo, 2002). Sin embargo, la reducida disponibilidad de P (< 10 mg kg^{-1} suelo) y la alta capacidad de retención del P (> 85%) debido a la alta composición mineral de óxidos de Fe y Al, es un factor limitante en la producción agrícola.

Existen tres estrategias biológicas que pueden mejorar el uso de la eficiencia de P de plantas e incluyen: (i) estrategias que mejoran la adquisición de P mediante la reducción del requerimiento de P crítico para el crecimiento de la planta y que permiten incrementar producir más con bajos niveles de P en el suelo, (ii) estrategias que mejorar la desorción, solubilización o mineralización de fuentes de P escasamente disponibles en el suelo mediante exudados de la raíz y (iii) estrategias que mejoran la eficiencia en la utilización interna de P de mediante el uso de las plantas que producen más semilla por unidad de nutriente absorbido (Simpson *et al*., 2011). Estas estrategias son importantes en maíz dado que mejoran la adquisición de P del suelo y/o fertilizante y favorecen el crecimiento y rendimiento del cultivo. El objetivo general de este estudio es incrementar el desarrollo sostenible de los agro-ecosistemas de la Meseta P'urhépecha mediante la incorporación de variedades nativas eficientes en la adquisición y utilización de P. El estudio sustentó su actividad científica en cuatro objetivos particulares: (i) Caracterizar la variabilidad genotípica de la arquitectura y morfología radical de maíz nativo, (ii) Evaluar la utilidad agroecológica de la variación de los distintos atributos de la arquitectura y morfología radical en el incremento de la eficiencia en la adquisición de P en variedades nativas de maíz, (iii) Caracterizar la variación genotípica del índice de cosecha de P, el P total (P inorgánico y ácido fítico) en la semilla y su relación con la eficiencia en su utilización interna e (iv) Identificar y seleccionar cultivares de maíz con mayor grado de adaptabilidad y estabilidad en la eficiencia en el uso de P (EUP) en diferentes condiciones agroecológicas de la región.

Materiales y Métodos

(i) *Caracterizar la variabilidad genotípica de la arquitectura y morfología radical de maíz nativo*: La tipología (arquitectura y morfología) de la raíz influye en la adquisición de nutrientes del suelo. Los genotipos de maíz con raíces superficiales y mayor número de raíces axilares tienen la ventaja de adquirir más P en suelos poco fértiles. Por el contrario, los genotipos con raíces axilares más verticales y raíces primarias más largas adquieren los nutrientes de los horizontes más profundos, En estados fenológicos tempranos del desarrollo (plántula) del maíz, se utilizó el método del cigarro (rollos de papel) para caracterizar la arquitectura y morfología de la raíz, mientras que en etapa vegetativa temprana y tardía, se empleó el método de campo *shovelomics* (http://roots.psu.edu;http://www.naweb.iaea.org/nafa/swmn/news-swmcn.hmtl). En los estudios de caracterización de los rasgos arquitectónicos y morfológicos de la raíz, se incluyó un amplio acervo de genotipos nativos de la Meseta P'urhépecha, todos ellos caracterizados en campo.

(ii) *Evaluar la utilidad agroecológica de la variación de los distintos atributos de la arquitectura y morfología radical en el incremento de la eficiencia en la adquisición de P en variedades nativas de maíz*: El criterio para evaluar la eficiencia a P y que considera la eficiencia en el uso del nutriente (adquisición y utilización de P) es aquel que estima el crecimiento o rendimiento relativo del cultivo obtenido en condiciones limitantes con respecto al crecimiento alcanzado en condiciones

nutrimentales óptimas (Bayuelo-Jiménez *et al*., 2011). Se consideraron cuatro categorías por grupo de acuerdo con la eficiencia a P (definida como el crecimiento y/o rendimiento sostenido en condiciones de baja disponibilidad de P) en combinación con la respuesta a P (crecimiento y/o rendimiento sostenido en condiciones de alta disponibilidad de P): [eficientes y con respuesta (ER); no eficientes y con respuesta (NER), no eficientes y sin respuesta (NENR) y eficientes y sin respuesta (ENR)] (Bayuelo-Jiménez et al., 2011).

(iii) *Caracterizar la variación genotípica del índice de cosecha de P, el P total (P inorgánico y ácido fítico) en la semilla y su relación con la eficiencia en su utilización interna*: Se caracterizó la variación genotípica de las fracciones de P inorgánico y ácido fítico de la semilla de 38 variedades de maíz nativo, en un suelo con una reducida (Andosol) y alta disponibilidad de P (Vertisol).

(iv) *Identificar y seleccionar cultivares de maíz con mayor grado de adaptabilidad y estabilidad en la EUP (rendimiento) en diferentes condiciones agroecológicas de la Meseta P'urhépecha*: Se usó el modelo AMMI por sus siglas en inglés (Main Effects and Multiplicative Interaction) para analizar la interacción GxA y capturar los componentes aditivo (linear) y multiplicativo (bilinear) que modulan la interacción (Hernandez y Crossa, 2000). El estudio incluyó 10 ambientes; una combinación de cinco localidades con 27 genotipos cultivados en suelo con deficiencia de P y diferente dosis de fertilización [25 kg P_2O_5 ha^{-1} (BP) y 50 kg 25 kg P_2O_5 ha^{-1} (AP)].

Resultados y Discusión

Los resultados de nuestra investigación indican que la adaptación de las plantas de maíz en suelos ácidos está estrechamente ligada a un mejor desarrollo del sistema radical (Bayuelo-Jiménez *et al*., 2011). Los genotipos eficientes son capaces de crecer en las capas superficiales del suelo (0-15 cm) donde el P se encuentra en mayor disponibilidad y desarrollar un sistema radical que promueve una mayor adquisición del nutriente en diferentes etapas fenológicas del cultivo (Bayuelo-Jiménez *et al*., 2012). La adaptación del maíz nativo a la reducida disponibilidad de P en suelos ácidos está controlada, entre otros mecanismos, por cambios y/o alteraciones en la morfología y arquitectura de la raíz tales como el incremento en número, longitud y ramificación de las raíces nodales, raíces nodales más superficiales y la formación de pelos radicales más largos o densos que ayudan a incrementar la capacidad exploratoria de la raíz y la superficie de absorción en el suelo. Los genotipos eficientes a P exhiben una alta capacidad para adquirir el nutriente en condiciones limitantes y mantienen un adecuado crecimiento y rendimiento comparado a los genotipos ineficientes. Además de las características de la arquitectura radical que modularon la adquisición de P, la fenología de la planta benefició indirectamente la captura de recursos del suelo. La maduración tardía de los genotipos eficientes, propició una mayor adquisición de P del suelo y un mejor rendimiento en ambientes de estrés nutrimental (Flores-Torres *et al*., 2015).

Un beneficio adicional para las variedades de maíz de esta región es que el aumento en la eficiencia en el uso de fósforo (EUP: refiere a la capacidad del cultivo para producir una mayor cantidad de biomasa seca por unidad de nutriente aplicado o absorbido) estuvo relacionado con una mayor eficiencia en la utilización interna, durante la fase reproductiva. La mayor EUP (rendimiento de grano ~ 3.5 y 4 ton ha^{-1}) se debió a una mejor distribución de la materia seca dentro de la planta (índice de cosecha ~ 43 a 48%) y una menor asignación de fracciones de P inorgánico (0.3 a 0.9 mg g^{-1}) y ácido fítico (4.8 a 5.7 mg g^{-1}) en la semilla (Bayuelo-Jiménez y Ochoa-Cadavid, 2014; Vizcaíno Ríos et al.,

2015). Esto representa una reducción del 34% del P en la semilla. Estos hallazgos podrían representar una ventaja en programas de mejoramiento genético conducentes a incrementar la EUP, mediante una reducción de las fracciones de P en la semilla y aumento de la bio-disponibilidad de minerales en la dieta humana (Rose *et al.*, 2010).

De acuerdo al modelo AMMI aplicado para estimar la interacción genotipo-ambiente (GxA), los ambientes explicaron el 68.8% de la variación total para la EUP, mientras que los genotipos y la interacción GxA explicaron el 8% y 23.2%. Las dos primeras componentes multiplicativas del modelo AMMI (ACP1 y ACP2) contribuyeron con 69.6 % de la variación total observada en la interacción GxA de la EUP. Los genotipos de menor interacción y mayor adaptabilidad y estabilidad entre ambientes fueron Santa Clara, Criollo Regional, Mojonera, DP x Tromba, Macho II-04, Macho-I-04 y Paso del Muerto. La información derivada de este estudio es determinante en la predicción potencial de la eficiencia en el uso de P y sustento para un futuro programa de mejoramiento de la EUP en maíz (Ochoa-Cadavid- Bayuelo-Jiménez, *sometido*).

Conclusiones

La estrategia de incrementar la producción de maíz en la Meseta P'urhépecha, a través de prácticas de encalado o de aplicación de altas dosis de fertilización, es técnica y económicamente inviable debido a la alta tasa de fijación de P en el suelo. En esta región, las condiciones ambientales son adversas y los suelos son frágiles, de una menor capacidad productiva y un alto riesgo de degradación. El empleo de variedades nativas de maíz con adecuados potenciales de rendimiento, EUP y adaptadas a las condiciones edáfico-ambientales es de extrema importancia para sustentar un incremento en la productividad agrícola, así como la fertilidad del suelo.

Agradecimientos

Al OIEA/FAO CRP-13800, CONACyT, FOMIX- MICH-2012 No. 197142/2013-2015 y la Coordinación de Investigación Científica, UMSNH 6.11/2015-2016.

Referencias

Bayuelo-Jiménez JS., L.C. Paredes-Gutiérrez, J. Pineda-Pineda J., J.C. Patrón-Ibarra, J.J., Adu-Gyamfi. 2014. Acquisition Efficiency by Maize Landraces in Acid Soils of Mexico. Heng LK, Sakadevan K, Dercon G, Mguyen L (Eds.) International Symposium on Managing Soils for Food Security and Climate Change Adaptation and Mitigation. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2014: 83-90

Bayuelo-Jiménez JS., I Ochoa-Cadavid. 2014. Phosphorus acquisition and internal phosphorus utilization efficiency among landraces from the central Highlands of Mexico. Field Crops Res. 156: 123-134

Bayuelo-Jiménez J. S., V. A. Pérez-Decelis, M. L. Magdaleno-Armas, M. Gallardo-Valdéz, I. Ochoa and J. P. Lynch. 2011. Genotypic variation for root traits of maize (Zea *mays* L.) from P'urhépecha Plateau, under contrasting phosphorus availability. Field Crops Res. 121:350-362.

Flores-Torres E., N.L. Bravo-Hernández., R.E. Preciado-Ortíz., J.S. Bayuelo-Jiménez JS. 2015. Eficiencia a fósforo y su impacto en el crecimiento de maíz nativo en condiciones agroecológicas contrastantes de la Meseta P'urhépecha. Pp. 1767-1779. Álvarez Gaxiola F., et al. (Eds.). Sociedad Mexicana de Agricultura Sostenible, A.C., México. 10. 220-267.

Hernandez M.V and J. Crossa. 2000. The AMMI analysis and graphing the biplot. CIMMYT, INT. Mexico.

Nanzyo M. 2002. Unique properties of volcanic ash soils. Global Environ. Res. 6 (2): 99-112.

Ochoa-Cadavid I., Preciado-Ortíz, R.E.., Bayuelo-Jiménez JS (Sometido). Interacción genotipo-ambiente para eficiencia en el uso de fósforo en maíz nativo de la Meseta P'urhépecha. Revista Fitotecnia Mexicana.

Rose TJ., B Hardiputra., Z Rengel. 2010. Wheat, canola and grain legume access to soil phosphorus fractions differs in soils with contrasting phosphorus dynamics. Plant and Soil 326: 159-170.

Simpson R. J., A. Oberson, R. A. Culvenor, M. H. Ryan, E. J. Veneklaas, H. Lambers, J. P. Lynch, P. R. Ryan, E. Delhaize, F. A. Smith, S. E. Smith, P. R. Harvey and A. E. Richardson. 2011. Strategies and agronomic interventions to improve the phosphorus-use efficiency of farming systems. Plant Soil 349:89-120.

Vizcaíno Ríos E., Soto Hernández M., Bayuelo Jiménez JS (2015) Caracterización de las fracciones de fósforo inorgánico y ácido fítico de la semilla de maíz de la Meseta P'urhépecha. Pp. 1767-1779. Álvarez Gaxiola F., Bahena Juárez F. et al. (Eds.). Sociedad Mexicana de Agricultura Sostenible, A.C., México. 10: 149-249.

Figura 1. Selección de maíz nativo de la Meseta P'urhépecha para eficiencia en el uso de fósforo en suelos ácidos.

RIZÓSFERA DE MAÍZ Y SORGO: DIVERSIDAD TAXONÓMICA Y FUNCIONAL

Mirón-Melo, L.[1,3]; Partida-Martínez, L.[1]; Coleman-Derr, D.[2]; Hernández-López, A.*[3]

[1]CINVESTAV Unidad Irapuato. Irapuato, Guanajuato. México.
[2]University of California Berkeley. Berkeley, California. USA.
[3]ENES - Unidad León UNAM, Ciencias Agrogenómicas. León, Guanajuato. México.

*Antonio Hernández López: ahernandez@enes.unam.mx; Blvd. UNAM 2011, Predio El Saucillo y El Potrero, Comunidad Los Tepetates, León, Guanajuato. México. CP 37684; Tel. +52(477)-194-0800

Resumen
La rizósfera es una interfaz crítica para el intercambio de nutrientes entre las plantas y el ambiente en el que se encuentran, en particular el suelo. La diversidad microbiana de la rizósfera está influenciada por las propiedades físico-químicas del suelo, además de por la genética misma de la planta huésped. Sin embargo, dentro una especie de planta, el impacto de la variación genética en la composición de la microbiota es poco conocido. Las especies domesticadas se caracterizan por presentar una menor diversidad genética que sus parientes silvestres, lo que las hace sistemas de estudio ideales para estimar el impacto de la variación genética sobre la composición de la microbiota. En este estudio se caracterizará la diversidad bacteriana en variedades mejoradas de maíz y sorgo comercial con distintos niveles de variación genética, y se comparará con la diversidad bacteriana de variedades silvestres, en condiciones de crecimiento similares de invernadero.

Palabras clave
Metagenómica, microbioma simbiosis

Introducción
La mayoría de las plantas terrestres crecen en asociación íntima con complejos de microorganismos conocida como microbiota. El estudio de la estructura y diferenciación de dichas comunidades y su relación con la heterogeneidad ambiental e interacciones bióticas, puede ayudar a establecer la base genética de la adaptación, y eventualmente a una mejor comprensión de los procesos de adaptación y especiación ecológica en interacciones planta-microorganismos (Storz, 2005). Algunos socios microbianos de estrecha relación en la rizósfera incluyen algunos que no están en contacto con las raíces, pero que están fuertemente influenciados por exudados de las raíces en el suelo (Bais *et al*., 2006). La planta hospedera a menudo depende de la microbiota para que le suministre nutrientes esenciales, como minerales y compuestos presentes en el suelo que están en formas inaccesibles a las plantas (Bais *et al*., 2006). En otros casos, los microbios asociadas a las plantas pueden actuar como protectores contra fitopatógenos (Innerebner *et al*., 2011), mejorar el crecimiento a través de la producción de fitohormonas (Ali *et al* 2009)), ayudar a las plantas a resistir el estrés hídrico (Castiglioni *et al*., 2009) o la salinidad (Zhang *et al*., 2008), entre otros beneficios. La planta, a su vez, cultiva su microbioma ajustando el pH del suelo, reduciendo la competencia para microbios benéficos, y proporciona una fuente de energía, sobre todo en forma de depósitos ricos en carbono (Bais *et al*., 2006).
La estructura de las comunidades microbianas de la rizósfera a menudo difieren entre especies de plantas (Kuske *et al*., 2002), así como entre los genotipos dentro de una misma especie (Aira *et al*., 2010; Bouffaud *et al*., 2012; Peiffer *et al*., 2013). Estudios con sistemas modelo (*Arabidopsis thaliana* cultivada bajo condiciones controladas en suelos naturales) indican que el genotipo de la planta tiene

un efecto pequeño pero importante y medible sobre los microbios que habitan el compartimiento endófito de la raíz (Bulgarelli *et al*., 2012; Lundberg *et al*., 2012). La domesticación ha producido reducciones drásticas en la diversidad genética de las plantas cultivadas (Glemin y Bataillon, 2009), pero los efectos de dicha reducción sobre la estructura genética de poblaciones y la adaptabilidad de las bacterias a plantas tanto silvestres como cultivadas, son aún poco conocidos.
En este estudio se utilizaron marcadores ribosomales (bacterias) y nucleares (hongos) para investigar la riqueza de especies microbianas asociadas al rizoma de distintas variedades de maíz y sorgo. Los marcadores se obtuvieron a partir de muestras de tejidos y suelo mediante secuenciación masiva Illumina a partir de metagenomas ambientales, y se complementará con el cultivo de microorganismos en cultivos axénicos específicos para distintos grupos de bacterias y hongos.

Materiales y Métodos

Variedades utilizadas
Se utilizaron tres variedades de maíz y sorgo mejoradas y dos de variedades silvestres (Tabla 1). Dichas variedades abarcan el espectro de variabilidad genética desde muy alta (variedades silvestres) a baja (variedades mejoradas comerciales).

Tabla 1. Variedades de maíz y sorgo.

Genotipo/Variedad	**Origen**
Maiz	
Zea mays B73	Langebio
Zea mays everta (Palomero-Toluqueño)	Langebio
B73 x PT BC1S5 (RS15-541.4@; LANMLR17B044)	Langebio
Zea mays parviglumis	CIMMYT
DK-2061	Delkab (Monsanto)
Sorgo	
BTx642	USDA-ARS / UC Berkeley
RTx430	USDA-ARS / UC Berkeley
642x430	USDA-ARS / UC Berkeley
S. laxiflorum	USDA-ARS / UC Berkeley
DKS-44	Dekalb (Monsanto)

Crecimiento de plantas y procesamiento de muestras

Se desinfectaron 15 semillas por variedad y se sembraron 10 semillas por cada variedad de maíz y sorgo, sumando un total de 100 plantas. Se mantuvo a las plantas bajo las mismas condiciones de riego en suelo del mismo origen hasta que alcanzaron la fase de crecimiento V7, período en que comenzó la colecta de muestras y que se completó a fines de marzo del presente año. Se tomaron 83 muestras de raíz, 3 muestras de suelo antes de comenzar el análisis y 3 muestras de suelo de macetas que habían sido preparadas y sometidas a las mismas condiciones de riego durante el período de crecimiento de las plantas. El ADN se extrajo utilizando el Kit Power soil de MoBio Inc y siguiendo las especificaciones del fabricante. Las muestras se enviaron a la UC Berkeley para secuenciación Illumina el pasado 14 de agosto, y se estarán recibiendo los resultados próximamente.

Resultados y Discusión

Se presentan los resultados de productividad y biomasa para las distintas variedades de maíz y sorgo, y se discutirán en el contexto de las similitudes/diferencias en la composición de la micriobiota que se encuentren. Adicionalmente, se discuten las ventajas y posibles problemas de la utilización de muestras metagenómicas en la estimación de comunidades microbianas asociadas a plantas.

Conclusiones

Es posible utilizar el conocimiento de la microbiota del suelo y como es afectada su estructura por la interación con las plantas para proponer sistemas de manejo más sustentables y amigables con el medio ambiente.

Referencias

Aira M, Gómez-Brandón M, Lazcano C, Bååth E, Domínguez J (2010) Plant genotype strongly modifies the structure and growth of maize rhizosphere microbial communities. Soil Biol Biochem 42(12):2276–2281.

Ali B, Sabri AN, Ljung K, Hasnain S (2009) Auxin production by plant associated bacteria: Impact on endogenous IAA content and growth of Triticum aestivum L. Lett Appl Microbiol 48(5):542–547.

Bais HP, Weir TL, Perry LG, Gilroy S, Vivanco JM (2006) The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. Annu Rev Plant Biol 57(1): 233–266.

Bouffaud M-L, et al. (2012) Is diversification history of maize influencing selection of soil bacteria by roots? Mol Ecol 21(1):195–206.

Bulgarelli D, et al. (2012) Revealing structure and assembly cues for Arabidopsis rootinhabiting bacterial microbiota. Nature 488(7409):91–95.

Glemin S, Bataillon T (2009) A comparative view of the evolution of grasses under domestication. New Phytol 183: 273–290.

Castiglioni P, et al. (2008) Bacterial RNA chaperones confer abiotic stress tolerance in plants and improved grain yield in maize under water-limited conditions. Plant Physiol 147(2):446–455.

Innerebner G, Knief C, Vorholt JA (2011) Protection of Arabidopsis thaliana against leaf-pathogenic Pseudomonas syringae by Sphingomonas strains in a controlled model system. Appl Environ Microbiol 77(10):3202–3210.

Kuske CR, et al. (2002) Comparison of soil bacterial communities in rhizospheres of three plant species and the interspaces in an arid grassland. Appl Environ Microbiol 68(4):1854–1863.

Lundberg DS, et al. (2012) Defining the core Arabidopsis thaliana root microbiome. Nature 488(7409):86–90.

Peiffer JA, et al. (2013) Diversity and heritability of the maize rhizosphere microbiome under field conditions. PNAS 110(16): 6548–6553.

Storz JF (2005) Using genome scans of DNA polymorphism to infer adaptive population divergence. Mol Ecol 14: 671–688.

Zhang H, et al. (2008) Soil bacteria confer plant salt tolerance by tissue-specific regulation of the sodium transporter HKT1. Mol Plant Microbe Interact 21(6):737–744.

EL PAPEL NUTRICIONAL DE LA POBLACIÓN BACTERIANA RIZOSFÉRICA DE MAÍZ DE TEMPORAL (*Zea mays* L.) EN MÉXICO

Chávez-Marmolejo, C.G.[1]; Barrera-Galicia, G.C.[1]; Vera-Núñez, J.A.[1*]; Larsen, J.[2]; Peña-Cabriales, J.J.[1]

[1]Centro de Investigación y de Estudios Avanzados-IPN (CINVESTAV-IPN), Unidad Irapuato. Irapuato, Guanajuato, México.
[2]Centro de Investigación en Ecosistemas (CIEco-UNAM). Morelia, Michoacán. México

*Autor responsable: jvera@ira.cinvestav.mx; km 9.6 Libramiento Norte, Carretera Irapuato-León. Irapuato, Gto. México. CP 36821; Tel. +52(462)62-39600

Resumen

Los estudios indican que la microbiota nativa de los suelos cultivados es afectada por el uso inadecuado de pesticidas y fertilizantes sintéticos reduciendo el ciclaje de nutrimentos, la fertilidad y la rentabilidad agrícola. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar la población bacteriana rizosférica con actividad de promoción del crecimiento vegetal (fijación de nitrógeno, producción de ácido indol acético y de sideróforos, y solubilización de fósforo) de los sistemas de producción de maíz de temporal en México. La producción de metabolitos relacionados con la promoción del crecimiento vegetal fue variable en función de la cepa. Los géneros mayormente representados en las capacidades metabólicas cuantificadas, independientemente del sistema de producción fueron *Burkholderia* (45-65%), *Pseudomonas* y *Mesorhizobium*. La capacidad de promoción del crecimiento vegetal por los aislados bacterianos rizosféricos fue variable siendo 40, 48 y 72%, Guanajuato, Michoacán y Edo. México, respectivamente, presentaron dicha capacidad. Independientemente del contenido de P en suelo, el suelo aportó la proporción de P mayor, siendo mayor en el orden siguiente: 100 (> 40) > 87 (6-10) > 70 (21-40) > 40% (11-20 ppm P), y cuando se inoculó con la bacteria *Bacillus*.

Palabras clave

Fijación de nitrógeno; ácido indol acético, sideróforos, solubilización de P.

Introducción

La mayoría de las poblaciones microbianas del suelo se concentran en nichos ricos en nutrimentos como la rizósfera (1-2 mm de espesor), la cual aporta un suministro constante de nutrientes fácilmente utilizables. La rizósfera tiene una alta carga microbiana y es considerada fundamental para la colonización y la funcionalidad del sistema planta-suelo-microorganismo (Barriuso *et al*., 2008). Las diversas formas de microorganismos que se encuentran en este nicho influyen en la planta huésped con efectos que conducen a la mejora de la salud de las plantas, el crecimiento o el daño (patógenos). Por lo tanto, entender la composición, la ecología, la dinámica y las actividades de las comunidades microbianas rizosféricas, ayuda a la generación de una herramienta biotecnológica para el desarrollo de una agricultura sostenible. Varios estudios indican que la microbiota nativa de los suelos cultivados es afectada por el uso inadecuado de pesticidas y fertilizantes sintéticos reduciendo el ciclaje de nutrimentos, la fertilidad y la rentabilidad agrícola (Caballero Mellado, 2006). En este contexto, el uso de microorganismos como biofertilizantes genera un impacto ecológico positivo en el uso eficiente de los insumos *i.e.* fertilizantes N (Sánchez Yáñez *et al*., 2014). Asimismo, se tienen reportes

de la comunicación metabólica bacterias rizosféricas-planta a través de la producción de compuestos volátiles *i.e.* 2-3 butanediol y la acetoína, así como la producción de una gama de moléculas señal tipo fitohormonas (Zahir *et al*., 2003). En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar la población bacteriana rizosférica con actividad de promoción del crecimiento vegetal (fijación de nitrógeno, producción de ácido indol acético y de sideróforos, y solubilización de P) de los sistemas de producción de maíz de temporal en México.

Materiales y Métodos

Aislamiento bacteriano. Se seleccionaron tres parcelas de tres entidades federativas con características diferenciales en los sistemas de cultivo de maíz de temporal: 1) Michoacán (cultivo tradicional; 2) Guanajuato (cultivo intensivo) y 3) Estado de México (cultivo intermedio). La selección de las parcelas se realizó en forma aleatoria, mientras que el muestreo de suelo rizosférico de cinco plantas de maíz por cada parcela se realizó por el método "5 de oros". Las muestras de rizósfera se obtuvieron, en tres etapas del desarrollo del cultivo de maíz, separando el suelo adherido a la raíz, se tomaron 10 g de cada muestra y se suspendieron en solución salina (NaCl 0.85% p/v) estéril, pH 7 y se agitaron a 150 rpm por 3 h a 28°C. Cada suspensión fue diluida en solución salina con agitación hasta obtener diluciones 10^{-4} y 10^{-5}. Se tomó una alícuota de 0.1 mL de cada dilución y se sembró por triplicado por extensión en caja de Petri con medios sólidos semi-selectivos LGI (fijadoras de nitrógeno) y PVK (solubilizadoras de P), adicionados con 80 µg mL^{-1} de cicloheximida. Las cajas de Petri se incubaron durante 96 h a 28°C. Posteriormente, se realizó el conteo de unidades formadoras de colonias (UFC g^{-1} suelo). Se seleccionaron las bacterias crecidas tomando como criterio, en el caso del medio LGI, viraje de color de verde a amarillo indicador de crecimiento sin fuente de N; y en el caso del medio PVK, la formación de un halo alrededor de la colonia indicador de solubilización de fósforo (P). Los aislados bacterianos seleccionados se purificaron en medio mínimo R2A y se incubaron a 28°C por 48 h. Luego de observar crecimiento, las placas fueron almacenadas a 4°C hasta su uso posterior.

Producción de índoles. A los aislados se les cuantificó la producción de ácido indol acético (AIA) mediante su cultivo por triplicado en 10 mL de medio caldo nutritivo adicionado con 500 µg triptófano mL^{-1}. Posteriormente, se tomó una alícuota de 1 mL del crecimiento a las 48 h y se centrifugó a 7000 rpm por 5 minutos, se extrajo el sobrenadante y se colocaron 100 µL en placa de pozos a las cuales se les agregaron 200 µL de reactivo Salkowsky de acuerdo a lo descrito por Celis y Gallardo (2008). Finalmente, se midió la absorbancia a 540 nm y se cuantificó la producción de AIA utilizando una curva de calibración con concentraciones conocidas de AIA.

Producción de sideróforos. Las bacterias fueron inoculadas por punción en el centro de cajas de Petri con medio CAS-agar, las cuales fueron incubadas a 28°C durante 7 d. Las bacterias que presentaron la formación de un halo naranja rodeando la colonia fueron seleccionadas como posibles productoras de sideróforos. Como control positivo, se utilizó la cepa productora de sideróforos Burkholderia cepacia XXVI. La concentración de sideróforos se cuantificó en 500 µL del sobrenadante filtrado y mezclado con 500 µL de la solución indicadora CAS, y se agregaron a la reacción 10 µL de ácido 5-sulfosalicílico 0.2 M. Después de estabilizarse la reacción por 60 minutos, se midió la absorbancia a 630 nm en un lector de micro placas (Bio-Rad, Hercules, CA, EUA). Se realizaron tres réplicas por cada bacteria (Alexander y Uberer, 1991).

Solubilización de P. A los aislados se les cuantificó la solubilización de P mediante su cultivo por triplicado en 25 mL de medio PVK líquido. A las 120 h, se tomó una alícuota de 1 mL y se centrifugó a 7000 rpm por 10 minutos. Finalmente, mediante la técnica colorimétrica descrita por Mussa *et al*. (2009), se determinó la cantidad de P soluble utilizando una curva de calibración con cantidad de P conocida.

Identificación molecular de los aislados bacterianos. Partiendo de aislados puros se procedió a la obtención de ADN genómico utilizado el kit PureLink® Genomic DNA Kit (Invitrogen, Carlsbad, CA). Para la identificación molecular se realizó la amplificación del gene 16S ARN ribosomal mediante la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR) utilizando los oligos: 27F y 1492R que amplifican de 1450 a 1500 pb. Una vez confirmada la amplificación, se procedió a purificar el producto de la PCR utilizando el kit PureLink® Quick Gel Extraction and PCR Purification Combo Kit (Invitrogen) siguiendo las indicaciones del fabricante. Posteriormente, se enviaron 15 µL de producto de la PCR purificado (~45 ng μL^{-1}) al Laboratorio de Servicios Genómicos de la Unidad de Genómica Avanzada (LANGEBIO) del CINVESTAV-IPN, Unidad Irapuato. Se utilizaron los electroferogramas resultantes de la secuenciación (derecha y reversa complementaria), y se procedió a obtener la secuencia consenso ensamblando ambas secuencias con el software Geneious versión v9.1.2 (www.geneious.com, Kearse, 2012), eliminando las bases de los extremos de la secuencia tomando como criterio de corte un nivel de calidad Phred inferior a 50 para descartarlas. Se compararon las secuencias en la base de datos Silva Database (www.arb-silva.de, Quast, C. *et al*., 2013) utilizando el algoritmo de alineación de secuencias SINA (Pruesse, E. *et al*. 2012) y usando como criterio de corte el 98% de similitud.

Promoción del crecimiento vegetal. Semillas de *Arabidopsis thaliana* Col-0 desinfectadas con HCl más NaClO) se sembraron en caja de Petri con medio MS al 0.5X y se incubaron durante 48 h a 4°C en cámara de crecimiento vegetal (23°C, 16 h luz y 8 h oscuridad). Una vez que las semillas germinaron, se trasplantaron 10 plántulas por cada caja de Petri con medio MS 0.5X estéril y se dejaron 24 h en cámara de crecimiento vegetal. Se inoculó una asada de los aislados en 10 mL de caldo nutritivo y se incubó por 48 h a 100 rpm y 28°C. Se tomó una alícuota del cultivo de 1 mL y se centrifugó a 7000 rpm por 5 minutos, se descartó el sobrenadante para obtener un "pellet" del aislado, el cual se resuspendió en 1 mL de solución salina (NaCl 0.85% p/v) y se tomó una alícuota de 20 µL la cual se inoculó en caja de Petri con medio MS más 10 plantas de *A. thaliana* a 1 cm de la raíz. Se incubaron en cámara de crecimiento durante 14 días y se midió el peso fresco de las plantas. Posteriormente, se seleccionaron aquellos aislados con mayor potencial de promoción del crecimiento (dos aislados), los cuales bajo condiciones de invernadero se inocularon (1 mL $maceta^{-1}$) en macetas con 3.5 kg suelo con diferente contenido de P (10 semillas de avena $maceta^{-1}$) enmendadas con una dosis de 5 µg ^{32}P-ácido ortofosfórico kg^{-1} suelo con una actividad de 10 µCi ^{32}P kg^{-1} suelo. Se utilizó un diseño estadístico completamente al azar con cinco repeticiones por tratamiento incluyendo un control sin inoculación. A los 60 días después de la emergencia de las plantas de avena, se cuantifico la masa fresca y seca, el P total y la actividad de ^{32}P por centelleo líquido para estimar la absorción de ^{32}P-fertilizante (Kruse *et al*., 2015).

Resultados y Discusión

En general, la producción de metabolitos relacionados con la promoción del crecimiento vegetal (Fig. 1-2) fue variable en función de la cepa (0-25 µg AIA mL^{-1} y 0-270 mg P mL^{-1}), siendo las cepas bacterianas aisladas del Estado de México con la producción de índoles mayor (Fig. 1), así como en la solubilización de P (Fig. 2), destacando en ambos indicadores el género *Burkholderia* seguido de *Rhizobium* (Fig. 1-2).

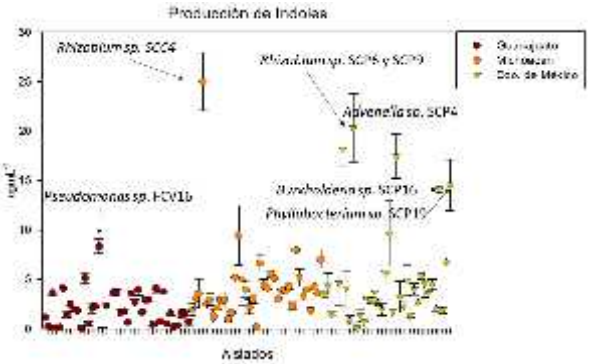


Fig. 1. Producción de índoles por aislados bacterianos rizosféricos de maíz de temporal de México.

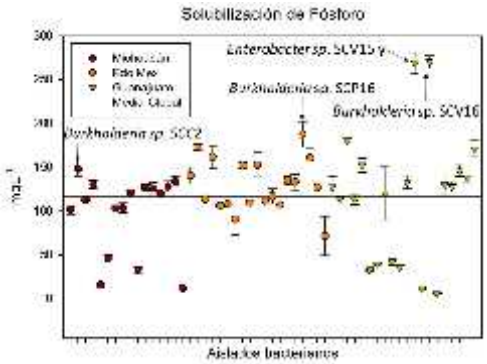


Fig. 2. Solubilización de P por aislados bacterianos rizosféricos de maíz de temporal de México.

Los aislados bacterianos con capacidad de promoción del crecimiento vegetal de los diferentes sistemas de producción de maíz fueron 86 Michoacán (31%), 86 Edo. México (31%) y 102 Guanajuato (37%) de los cuales 93 (34%), 74 (27%) y 107 (39%) presentaron capacidad de producción de índoles, solubilización de P y fijación de N, respectivamente. Interesantemente, 9 Michoacán (10%), 22 Edo. México (26%) y 18 Guanajuato (17%) presentaron las tres capacidades metabólicas de interés (Fig. 3).

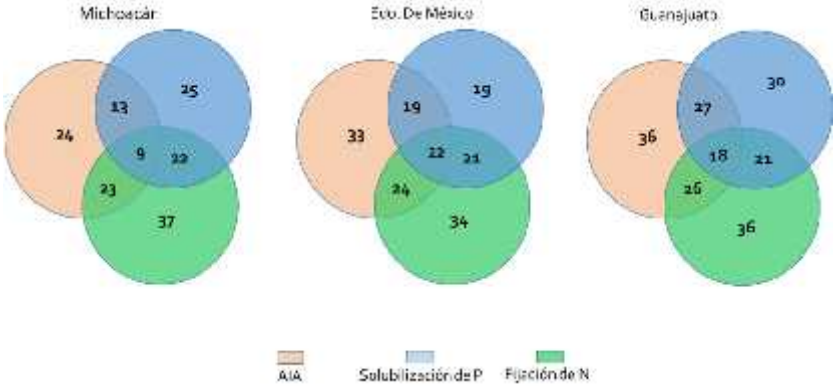


Fig. 3. Capacidades metabólicas de aislados bacterianos rizosféricos de maíz de temporal de México.

Los géneros mayormente representados en las capacidades metabólicas cuantificadas, independientemente del sistema de producción fueron *Burkholderia* (45-65%), *Pseudomonas* y *Mesorhizobium* (Fig. 4).

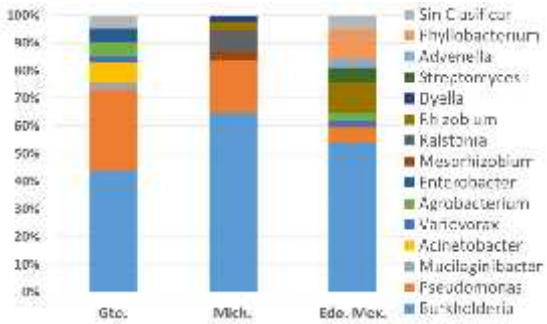


Fig. 4. Diversidad bacteriana rizosférica de maíz de temporal de México.

La capacidad de promoción del crecimiento vegetal por los aislados bacterianos rizosféricos fue variable siendo 40, 48 y 72%, Guanajuato, Michoacán y Edo. México, respectivamente, presentaron dicha capacidad (Fig. 5).

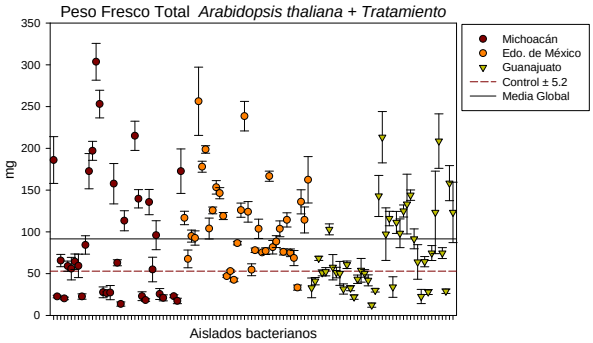


Fig. 5. Promoción del crecimiento vegetal por aislados bacterianos rizosféricos de maíz de temporal de México.

Finalmente, la inoculación con los aislados bacterianos rizosféricos seleccionados incrementó la absorción de P principalmente a niveles altos de P en suelo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Absorción de P proveniente del fertilizante por la planta de avena inoculada con bacterias rizosféricas de maíz de temporal de México.

Rango (P ppm suelo): S	Inoculación: I	P total	P-suelo (mg maceta^{-1})	P-fertilizante
6-10 (n=1):				
5.4	*Bacillus*	5.5±0.3	4.9±0.3	0.5±0.1
	Burkholderia	9.2±0.7	8.0±0.5	1.2±0.2
	Control	12.7±0.3	10.1±2.0	2.6±1.0
11-20 (n=3):				
17.7	*Bacillus*	3.7±1.2	3.2±0.9	0.5±0.3
	Burkholderia	3.0±0.0	2.7±0.0	0.3±0.0
	Control	7.1±0.2	5.7±0.2	1.4±0.1
21-40 (n=4):				
36.5	*Bacillus*	5.7±2.1	4.7±1.6	0.9±0.5
	Burkholderia	3.1±0.6	2.8±0.5	0.3±0.1
	Control	4.8±1.2	4.2±0.9	0.6±0.3
>40 (n=4):				
58.1	*Bacillus*	2.1±0.9	2.0±0.8	0.1±0.1
	Burkholderia	1.5±0.1	1.4±0.1	0.0±0.0
	Control	1.1±0.4	1.0±0.3	0.0±0.0

Conclusiones

La producción de metabolitos relacionados con la promoción del crecimiento vegetal fue variable en función de la cepa. Los géneros mayormente representados en las capacidades metabólicas cuantificadas, independientemente del sistema de producción fueron *Burkholderia* (45-65%), *Pseudomonas* y *Mesorhizobium*. La capacidad de promoción del crecimiento vegetal por los aislados bacterianos rizosféricos fue variable siendo 40, 48 y 72%, Guanajuato, Michoacán y Edo. México, respectivamente, presentaron dicha capacidad. Independientemente del contenido de P en suelo, el suelo aportó la proporción de P mayor, siendo mayor en el orden siguiente: 100 (> 40) > 87 (6-10) > 70 (21-40) > 40% (11-20 ppm P), y cuando se inoculó con la bacteria *Bacillus*.

Agradecimientos

Al Conacyt por el financiamiento a través del proyecto "CB-2102-179319)".

Bibliografía

Alexander, D.B., Uberer, D.A. Use of chrome azurol S reagents to evaluate siderophore production by rhizosphere bacteria. Biol Fertil Soils 1991;12:39-45.

Caballero-Mellado, J. Microbiología agrícola e interacciones microbianas con plantas. Rev Latin Amer Microbiol 2006; 48(2):154-161.

Kruse, J.; Abraham, M.; Amelung, W.; Baum, C.; Bol, R.; Kühn, O.; Lewandowski, H.; Niederberger, J.; Oelmann, Y.; Rüger, C.; Santner, J.; Siebers, M.; Siebers, N.; Spohn, M.; Vestergen, J.; Vogts, A. y Leinweber, P. (2015). Innovative methods in soil phosphorus research: A review. J Plant Nutr Soil Sci 2015;178:43–88.

Sánchez Yáñez, J.M., López Ayala, I.Y., Villegas Moreno, J., Montaño Arias, N.M. Respuesta de maíz (Zea mays L.) a la inoculación con Azotobacter sp. y Burkholderia sp. a dosis reducida de fertilizante nitrogenado. Scientia Agropecuaria 2014; 5:17-23.

Zahir, Z.A., Arshad, M., Frankenberger, W.T. Plant growth promoting rhizobacteria: Applications and perspectives in agriculture. Adv Agron 2003;81:1-9

EL HONGO RIZOSFÉRICO *Trichoderma atroviride* CONFIERE RESISTENCIA AL ATAQUE DEL INSECTO HERBÍVORO *Spodoptera frugiperda*

Contreras-Cornejo, H.A.[1]; Macías-Rodríguez, L.[2]; Del-Val, E.[3]; Larsen, J[4*]

[1,3,4] Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES), Universidad Nacional Autónoma de México. Morelia, Michoacán. México.
[2] Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas (IIQB), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

*Autor responsable: jlarsen@cieco.unam.mx; Antigua Carretera a Pátzcuaro Núm. 8701, Col. Ex-Hacienda de San José de La Huerta, Morelia, Michoacán, México. CP 58190; Tel. +52-443-322-3816.

Resumen

Trichoderma atroviride es un hongo común en los ecosistemas del suelo y forma asociaciones benéficas con las plantas. En este trabajo examinamos el papel de *T. atroviride* en la proveer resistencia a las plantas de (*Zea mays*) en contra de la herbivoría por *Spodoptera frugiperda*. Cinco días después de la inoculación del hongo se observó un aumento en el crecimiento total de las plantas, reducción de la herbivoría y alteraciones en el patrón de alimentación de los insectos. Estos resultados revelan una nueva faceta de *Trichoderma* como agente de biocontrol relacionada con insectos herbívoros.

Palabras clave: *T. atroviride*; herbivoría; maíz; *S. frugiperda*.

Introducción

El crecimiento de las plantas es afectado por estreses bióticos y abióticos (de Lange *et al*., 2014). Para resistir las condiciones de crecimiento perjudiciales, las plantas modifican sus programas endógenos de desarrollo que a su vez reajustan las respuestas fisiológicas y bioquímicas. Las plantas median diferentes interacciones que ocurren por encima y debajo del suelo, por lo general entre los animales y los microorganismos (Heil 2011). Las raíces son capaces de reconocer moléculas derivadas de microorganismos y por consiguiente regular los procesos de desarrollo o activar respuestas de defensa eficaces en contra múltiples agresores (Pozo *et al*., 2005). Algunos ejemplos son los compuestos orgánicos volátiles (COVs), metabolitos difusibles como auxinas o pequeños péptidos (Ortiz-Castro *et al*., 2009; Hung *et al*., 2014). Recientes descubrimientos muestran que el hongo rizosférico *Trichoderma longibrachiatum* MK1 en asociación con las raíces de plantas de tomate altera el perfil de COVs liberados por la planta en un sistema multitrófico que incluía el pulgón *Macrosiphum euphorbiae* una plaga del tomate, el parasitoide del pulgón *Aphidus ervi* y el depredador del pulgón *Macrolophus pygmaeus*. En consecuencia, se observó la alteración del comportamiento de los parasitoides de los áfidos y del predador del pulgón (Battaglia *et al*., 2013).

Avances recientes en el campo de las interacciones de *Trichoderma* con las plantas muestran que estos hongos alteran los mecanismos moleculares mediadas por las fitohormonas auxinas, etileno, ácido jasmónico y ácido salicílico que a su vez, regulan las respuestas de crecimiento y de defensa en las plantas para limitar el progreso de enfermedades de las plantas causadas por bacterias y hongos fitopatógenos en varias plantas de interés agrícola (Vargas *et al*., 2008; Brotman *et al*., 2013; Martínez-Medina *et al*., 2014; Salas-Marina *et al*., 2015).
Hasta la fecha, poco se conoce respecto a la función de las señales de hongos rizosféricos en la regulación de crecimiento de las plantas y la resistencia contra la herbivoría. En este trabajo, hemos realizado un estudio *in vitro* de la interacción entre *T. atroviride*, plantas de maíz y *S. frugiperda*. En particular se respondieron las siguiente pregunta ¿Puede *T. atroviride* proteger a las plantas de maíz en contra de la herbivoría de *S. frugiperda*?
Para responder a esta interrogante se emplearon bioensayos fisiológicos de confrontación planta-insecto. Aunque los resultados de este trabajo fueron obtenidos en condiciones de laboratorio, estos proporcionan conocimiento sobre la función ecológica de *T. atroviride* como agente de biocontrol.

Materiales y Métodos

Plantas y condiciones experimentales

En este trabajo se utilizó *Zea mays* cv. Chalqueño como modelo vegetal. Las semillas se esterilizaron superficialmente con cloro 50% (v/v) y 70% de etanol (v/v) durante 10 min y después de cinco lavados en agua destilada, las semillas fueron germinadas a 48 h y cada embrión de maíz se extrajo quirúrgicamente. A continuación, los embriones fueron esterilizados con cloro 50% (v/v) durante 2 min y se colocaron en tubos de vidrio (24 X 149 mm) con ~10 ml de medio Murashige y Skoog 1.0X (número de catálogo M5524: Sigma, St. Louis) solidificado. Los tubos se colocaron verticalmente en un ángulo de 60 ° para permitir el crecimiento de la raíz en el agar y el crecimiento aéreo sin obstáculos del cotiledón y las hojas. Las plantas se cultivaron en una cámara de crecimiento a 25 ± |1°C con un fotoperíodo de 16 h de luz / 8 h oscuridad y una intensidad luminosa de 100 m^2mols^{-1}.

Microorganismo y experimentos de inoculación

En este trabajo se utilizó *Trichoderma atroviride* IMI 206040. Este hongo se evaluó *in vitro* para probar sus posibles efectos sobre la herbivoría de *S. frugiperda* en las plantas de maíz. El hongo se propago en medio agar extracto de malta y las esporas se colectaron y cuantificaron. Para los experimentos con las plantas se inoculó una densidad de 10^6 esporas fúngicas en el agar solidificado en tubos que contenían las plantas de maíz de 14 días de edad (1 planta por tubo; n = 15 por tratamiento). Después los tubos se colocaron completamente al azar en las condiciones de crecimiento descritas anteriormente.

Experimentos de herbivoría

El insecto herbívoro *S. frugiperda* (Noctuidae) se utilizó como modelo. Para estos bioensayos, se utilizaron larvas en el tercer instar (L3) eclosionadas de huevos ovipositados por los adultos apareados en el laboratorio para mantener la colonia. Antes de la herbivoría las larvas del insecto fueron alimentadas con una dieta óptima hecha a base de agar (Poitout y Bues 1974). Cuatro días después de la inoculación de las raíces de las plantas de 18 días de edad con *T. atroviride*, los follajes (~ 7.5 ± |2.0 cm de longitud) se infestaron con dos larvas en el tercer instar. Los daños por herbivoría se determinaron mediante inspecciones visuales 24 h después del tratamiento con el insecto. La herbivoría se realizó de la siguiente manera: las hojas con daño foliar fueron cortadas en la zona de unión con el follaje y se escanearon. En estas imágenes obtenidas, el área foliar removida se rellenó para imitar las hojas sin herbivoría. La porción de tejido se removido se expresó en porcentaje de herbivoría. El área foliar removida (cm_2) se midió usando el Pro 5 |software SigmaScan aplicado en las imágenes escaneadas.

Análisis de los datos

Los experimentos fueron analizados estadísticamente en el programa Statgraphics XV.II centurión mediante ANOVA de una o dos vías de varianza y mediante la prueba post hoc LSD. Estas pruebas se utilizaron para determinar las diferencias entre los tratamientos en la biomasa foliar y radicular, el área foliar consumida por *S. frugiperda* y el porcentaje de herbivoría. En el análisis estadístico se utilizaron diferentes letras en las figuras para indicar los tratamientos que difieren significativamente (P Φ|0.05).

Resultados

Efecto de *T. atroviride* en plantas de maíz infestadas por *S. frugiperda*

Después de 5 días de crecimiento en asociación con *T. atroviride*, las plantas de maíz aumentaron la biomasa foliar y radicular ($F_{1,8}$ = 12.27; P = 0,008) lo cual indica efectos beneficos del hongo hacia la planta. Se encontró que el hongo afectó el patrón de ingesta de tejido foliar en los insectos ya que menos del 25% de las larvas se alimentaron de maíz después de 24 h de herbivoría en comparación con las plantas de control ($F_{1,8}$ = 12.00; P = 0.008). Las plantas de maíz infestadas con *S. frugiperda* presentaron varias heridas ($F_{1,8}$ = 10.24; P = 0.012) y las larvas en presencia de *T. atroviride* consumieron menos área foliar ($F_{1,8}$ = 16.90; P = 0.003). Debido a que las plantas de maíz inoculadas con el hongo tuvieron área más foliar, se determinó el efecto de *T. atroviride* en la protección de herbívoros considerando el área foliar removida con respecto a la área total de la hoja. Se encontró que en las plantas no inoculadas con el hongo las larvas removieron 12.45 ± |2.00% de la superficie foliar total ($F_{1,9}$ = 30.04; P = 0.006). En contraste, las hojas de las plantas inoculadas con *T. atroviride* fueron menos atacadas por las larvas, porque sólo el 7,39 ± |0.48% de tejido fotosintético se eliminó ($F_{1,9}$ = 30,04; P = 0.006).

Discusión

Efecto de *T. atroviride* el crecimiento de las plantas y la inducción de resistencia a la herbivoría

Varias especies de *Trichoderma* se han aplicado a una amplia gama de plantas para mejorar el crecimiento y la salud de las plantas con un efecto positivo sobre el rendimiento de los cultivos y el control de enfermedades (Harman *et al*., 2004;. Larsen *et al*., 2015). En este trabajo se encontró que *T. atroviride* promueve la formación de biomasa foliar y radicular en las plantas de maíz a los 5 días de la inoculación. Dado que en nuestras condiciones experimentales las raíces de maíz se encontraron en estrecha asociación con el hongo, es posible que las plantas percibieran los compuestos liberados en el medio por el hongo como las auxinas, el etileno u otros compuestos (Contreras-Cornejo *et al*., 2015). Las auxinas son metabolitos bien conocidos como reguladores del crecimiento de la raíz y la inducción de biomasa foliar (Woodward y Bartel 2005). El etileno es un compuesto volátil que regula los procesos de desarrollo de la raíz, ya sea actuando de manera sinérgica o independientemente de la señalización de las auxinas (Muday et al. 2012).
Interesantemente cuando evaluamos el efecto de *T. atroviride* en la protección de plantas de maíz infestadas con *S. frugiperda* encontramos que las plantas de maíz fueron severamente atacadas con las larvas del insecto. Sin embargo cuando las plantas fueron previamente inoculadas en las raíces con *T. atroviride*, las plantas fueron menos dañadas por el insecto herbívoro. Se conoce con cierto detalle que *Trichoderma* spp. induce respuestas de defensa local y sistémica en diferentes modelos vegetales mediante mecanismos que implican la producción y acumulación de ácido salicílico, ácido jasmonico y/o etileno. Cabe destacar que las plantas también activan dichos mecanismos de defensa en respuesta a insectos herbívoros por lo que es tentador especular que la previa activación de respuestas de defensa que pudiera activar *T. atroviride* en las plantas de maíz sean efectivas al mismo tiempo en contra del *S. frugiperda*.

Agradecimientos

Agradecemos a Cortés-Penagos C (UMSNH), Beltrán Peña-EM (UMSNH por donarnos amablemente a *T. atroviride* y las semillas de maíz. También Este trabajo fue apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, México) en los proyectos 165738 y 179319. HACC agradece a la UNAM (DGAPA) por la beca posdoctoral.

Referencias

Battaglia, D., S. Bossi, P. Cascone *et al.* 2013. Tomato below ground-above ground interactions: *Trichoderma longibrachiatum* affects the performance of *Macrosiphum euphorbiae* and its natural antagonists. *Mol Plant-Microbe Interact* 26:1249-1256.

Brotman, Y., U. Landau, A. Cuadros-Inostroza, *et al.* 2013. *Trichoderma*-plant root colonization: escaping early plant defense re- sponses and activation of the antioxidant machinery for saline stress tolerance. *PLoS Pathog* 9: e1003221.

Contreras-Cornejo, H.A., J.S. López-Bucio, A. Méndez-Bravo *et al.* 2015. Mitogen-activated protein kinase 6 and ethylene and auxin signaling pathways are involved in *Arabidopsis* root-system architecture alterations by *Trichoderma atroviride*. *Mol Plant-Microbe Interact* 28:701-710.

de Lange, E.S., D. Balmer, B. Mauch-Mani, and T.C.J. Turlings. 2014. Insect and pathogen attack and resistance in maize and its wild ancestors, the teosintes. *New Phytol* 204:329-341.

Harman, E.G., C.R. Howell, A, Viterbo, I. Chet, and M. Lorito. 2004. *Trichoderma* species opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nate Rev Microbiol* 2:43-56.

Heil, M. 2011. Plant-mediated interactions between above- and below-ground communities at multiple trophic levels. *J Ecol* 99:3-6.

Larsen, J., M. Najera-Rincon, C.E. Esquivel-Gonzalez *et al.* 2015. Management of rhizosphere microorganisms in relation to plant nutrition and health. In: Benkeblia N (ed.). *Agroecology, Ecosystems and Sustainability*. New York: *CRC* Press Taylor and Francis Group, pp. 109-139.

Martínez-Medina, A., M. Del Mar Alguacil, J.A. Pascual *et al.* 2014. Phytohormone profiles induced by *Trichoderma* isolates correspond with their biocontrol and plant growth-promoting activity on Melon plants. *J Chem Ecol* 40:804-815.

Muday, G.K., A. Rahman, and B.M. Binder. 2012. Auxin and ethylene: Collaborators or competitors? *Trends Plant Sci* 17:181-195.

Ortíz-Castro, R., H.A. Contreras-Cornejo, L. Macías-Rodríguez, and J. López-Bucio. 2009. The role of microbial signals in plant growth and development. Plant Signal. Behav. 4:701-712.

Pozo, M.J., L.C. Van Loon, and CMJ Pieterse. 2005. Jasmonates-signals in plant-microbe interactions. *J Plant Growth Reg* 23:211-222.

Salas-Marina, M.A., M.I. Isordia-Jasso, M.A. Islas-Osuna, P. Delgado-Sánchez, J.F. Jiménez-Bremont, M. Rodríguez-Kessler, M.T. Rosales-Saavedra, A, Herrera-Estrella, S. Casas-Flores. 2015. The Epl1 and Sm1 proteins from *Trichoderma atroviride* and *Trichoderma virens* differentially modulate systemic disease resistance against different life style pathogens in *Solanum lycopersicum*. *Front Plant Sci* 6: 77.

Vargas, W.A., S. Djonovic, S.A. Sukno, and C.M. Kenerley. 2008. Dimerization controls the activity of fungal elicitors that trigger systemic resistance in plants. *J. Biol. Chem* 283:19804-19815.

Wilkinson, H.H., M.R. Siegel, J.D. Blankenship *et al.* 2000. Contribution of fungal loline alkaloids to protection from aphids in a grass-endophyte mutualism. *Mol Plant-Microbe Interact* 13:1027-1033.

Woodward, A.W., and Bartel, B. 2005. Auxin: regulation, action, and interaction. *Ann Bot* 95:707-735.

CONTROL BIOLÓGICO DE GALLINA CIEGA CON HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN LA RIZÓSFERA

Nájera-Rincón, M. B.[1,5*]; Barajas-Mendoza, A[2]., Barrón-Valle, N[3]., Zitlalpopoca-Hernández, G[4]. y Larsen, J.[5]

[1]Campo Experimental Uruapan, INIFAP. Uruapan, Michoacán, México.
[2]Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.
[3]Universidad Tecnológica de Morelia. Morelia, Michoacán, México.
[4]Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
[5]Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES-UNAM). Morelia, Michoacán, México.

***najera.miguel@inifap.gob.mx; Av. Latinoamericana No. 1101, Col. Revolución, Uruapan, Michoacán. México. C.P. 60500. Tel. +52(452) 523 7392**

Resumen

Se presentan resultados de investigación sobre incidencia de hongos entomopatógenos asociados a la rizósfera del maíz bajo tres condiciones de producción contrastantes. Los aislados obtenidos fueron seleccionados como potenciales agentes de control biológico en larvas de *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae) utilizando baja densidad de esporas (10^4 mL). En condiciones de invernadero se estudiaron las interacciones entre un aislado comercial del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*, aislados nativos de hongos micorrízicos arbusculares y larvas de *Phyllophaga vetula* (Coleoptera: Melolonthidae). Como planta modelo se utilizaron plántulas de maíz. Los análisis de varianza indicaron diferencias estadísticas altamente significativas entre la incidencia y densidad de hongos entomopatógenos (UFC g^{-1} de suelo seco) en función del sitio de estudio. No se registró diferencia estadística en la interacción sitio x etapa fenológica del maíz. *B. bassiana* fue el hongo entomopatógeno más abundante y registró diferencia altamente significativa entre las etapas fenológicas del maíz. Del total de aislados obtenidos, el 33.2% tuvo potencial como agente de control biológico, al infectar y ocasionar la muerte en larvas de ultimo estadio de *G. mellonella* en un lapso de seis días a una densidad de $1x10^4$ esporas mL^{-1}. El análisis de varianza para evaluar la interacción entre *B. bassiana*, hongos micorrízicos arbusculares y *P. vetula* registró diferencias estadísticas en relación al desempeño de las plántulas de maíz, medido en términos del peso seco de la parte radicular, aérea y total. Se reportó interacción entre los microbios de la rizósfera evaluados, *P. vetula* y el desempeño vegetal.

Palabras clave: Microbios, rizofagia, interacciones

Introducción

Debido a los daños que ocasionan a una amplia variedad de cultivos, pastizales y plantaciones forestales, en el ámbito mundial el estudio de los insectos rizófagos se ha incrementado desde hace aproximadamente 60 años. En México, durante los últimos 40 años se han efectuado 10 Mesas Redondas sobre Plagas del Suelo, en las cuales se ha dedicado especial atención a la determinación taxonómica de las especies que integran el complejo gallina ciega (Coleoptera: Melolonthidae), su biología, ecología y búsqueda de métodos para su manejo.

Entre las opciones para reducir la densidad de gallinas ciegas, y como consecuencia, los daños que ocasionan a los cultivos, destaca el estudio y aplicación del control biológico mediante el uso de nematodos, bacterias, y hongos entomopatógenos (Hernández-Velázquez *et al*., 2010). En México, los hongos entomopatógenos (HEP) más utilizados como agentes de control biológico contra gallina ciega son *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. (1912) y *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin (1883). Al respecto, se han documentado diversas experiencias efectuadas en evaluaciones bajo condiciones de laboratorio, semi-campo y campo (Nájera-Rincón *et al*., 2006; Rodríguez del Bosque *et al*., 2005).

No obstante, la búsqueda y evaluación de aislados nativos de HEP, así como el estudio de las interacciones entre la mesofauna del suelo y los microorganismos asociados a la rizósfera permanecen relativamente inexplorados (Lasen *et al*., 2015). En éste sentido, un grupo interinstitucional y multidisciplinario de investigadores desarrolla un proyecto de investigación orientado al conocimiento de los microbios benéficos asociados a la rizósfera del maíz bajo tres ambientes de producción: a) intensivo, en el Bajío de Guanajuato, b) semi-intensivo, en la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, Michoacán y c) tradicional, en los Valles Altos del Estado de México. El objetivo general del proyecto es evaluar y promover el uso de microorganismos benéficos asociados a la rizósfera del maíz y determinar su importancia en relación a la salud, nutrición y calidad nutritiva del cultivo. En el presente escrito se describen y discuten los resultados obtenidos en el aislamiento y evaluación de HEP como agentes de control biológico, así como avances en el conocimiento de sus interacciones con la gallina ciega *Phyllophaga vetula* (Horn) los hongos micorrízicos arbusculares y plántulas de maíz.

Materiales y Métodos

Selección de los sitios de estudio

Se seleccionaron tres sitios contrastantes en función de características ambientales y sistema de producción de maíz. El Estado de México, con un sistema de producción tradicional, sin aplicación de insumos químicos y siembra de maíces nativos; en el Bajío de Guanajuato, caracterizado por un sistema de producción intensivo, con alto uso de agroquímicos e híbridos comerciales de maíz; y en la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, bajo un sistema de producción semi-intensivo, con moderado uso de agroquímicos y siembra de maíces nativos. En cada estado se seleccionaron 3 parcelas a manera de repeticiones con el mismo tipo de manejo.

Muestreos de suelo

Se tomaron muestras de suelo rizosférico asociado a plantas de maíz. Los muestreos se realizaron en tres etapas fenológicas del cultivo (V6, floración y senescencia). Las muestras se colectaron en 5 puntos dentro de cada parcela siguiendo un esquema de cinco de oros. Para extraer las muestras se usó una pala recta, con la cual se extrajeron las plantas junto con un cepellón de suelo rizosférico de aproximadamente 20x20x20. Las muestras fueron depositadas en bolsas de plástico para transportarse y ser procesadas en laboratorio. El aislamiento de los HEP se efectuó en medio de cultivo semi-selectivo.

Identificación de HEP

Se realizó a partir de las características morfológicas de las colonias y de la observación bajo microscopio óptico de sus conidióforos y conidios, para así distinguir posición, forma y color, siguiendo las claves de Samson (1981).

Selección de aislados con potencial como agentes de control biológico

La aplicación del tratamiento (10^4 esporas mL^{-1}) fue por contacto (5 minutos) de larvas de ultimo estadio *G. mellonella* en una suspensión de 2 mL de aislado. En cada evaluación se incluyeron 10 larvas. Una vez sometidas al tratamiento, las larvas se depositaron en forma individual en cámara húmeda y se incubaron durante 6 días a 26º C. Los recipientes se revisaron cada 48 horas para observar los síntomas de infección y mortalidad. Una vez transcurridos los 6 días de evaluación, las larvas que presentaron infección fúngica, se conservaron en refrigeración a 3ºC en el banco de aislados de HEP del IIES-UNAM. Un duplicado del material se encuentra depositado en el Laboratorio Nacional de Recursos Genéticos Microbianos del Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG) del INIFAP.

Interacciones

Se realizó un experimento factorial, los tratamientos estuvieron distribuidos en un diseño experimental completamente al azar, en macetas bajo condiciones de invernadero. Los factores a evaluar fueron: a) *P. vetula* (con y sin), b) HMA nativos (con y sin) y c) *B. bassiana* (con y sin). El experimento incluyó ocho tratamientos y cinco repeticiones que dieron un total de 40 unidades experimentales.

Análisis estadísticos

La densidad de HEP se calculó como unidades formadoras de colonias por gramo de suelo seco. Los análisis estadísticos se efectuaron con el programa Statgraphics Centurion XVI (v. 16.1.17). Para el caso de las interacciones, se realizaron análisis de varianza factoriales de 2 y 3 vías, con un nivel de significancia de 0.05, con el programa StatGraphics Centurion XV.II. Las diferencias entre los tratamientos fueron analizados por la prueba LSD de rangos múltiples. La homogeneidad de varianza fue verificada mediante la prueba de Bartlett. Los datos de colonización de HMA fueron transformados mediante la función arcoseno.

Resultados y Discusión

El análisis físico-químico de suelos de las parcelas en estudio (Cuadro 1) muestra evidentes diferencias en textura, pH, contenido de materia orgánica (MO) y disponibilidad de nutrientes. Es de llamar la atención la mayor concentración de N en los suelos de Guanajuato debido al uso indiscriminado de fertilizantes

Sitio	Parcela	Tipo de Suelo	pH	P (ppm)	N (ppm)	MO (%)
Guanajuato	1	Franco arcillo arenoso	6.79	ND*	22.5	1.96
	2	Franco arcillo arenoso	7.10	4.81	23.9	2.45
	3	Arcilloso	7.04	9.35	14.8	1.51
Michoacán	1	Franco	5.44	13.9	9.15	2.21
	2	Franco	4.96	32.2	14.8	2.04
	3	Franco	5.08	34.8	12.0	2.15
Estado de México	1	Franco arenoso	5.91	7.08	13.4	2.82
	2	Franco arenoso	5.92	2.21	12.7	2.73
	3	Franco arcillo arenoso	6.15	7.69	12.0	2.02

Cuadro 1. Características fisicoquímicas de los suelos en los sitios de estudio
*ND= No determinado

Se obtuvo un total de 343 aislados. El Estado de México, con un sistema de producción tradicional, registró el mayor número (181), seguido de Michoacán (145) y, finalmente, Guanajuato, con un sistema de producción intensivo, registró el menor número (17); *M. anisopliae* estuvo ausente en el estado de México y Guanajuato (figura 1). La especie más abundante fue *B. bassiana*; la menos abundante *M. anisopliae* (figura 2).

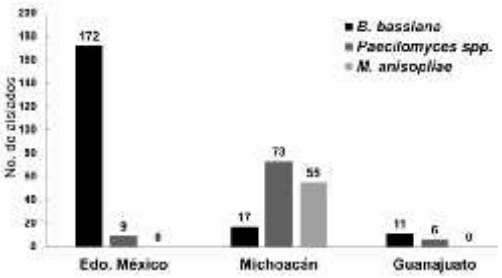


Figura 1. Número de aislados para cada especie en los tres Estados.

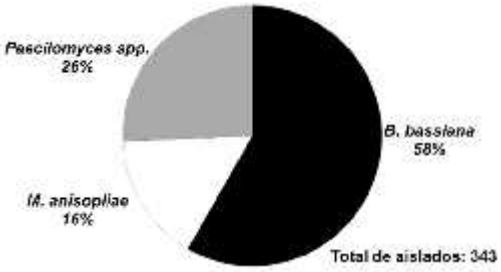


Figura 2. Abundancia relativa de los

Los análisis de varianza para cada especie registraron diferencias estadísticamente significativas entre sitios y, únicamente en el caso de *B. bassiana*, se encontró una diferencia estadísticamente significativa por etapa de desarrollo del cultivo. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la interacción entre sitio y etapa. Los valores de P se ilustran en el cuadro 2.

	Beauveria bassiana	*Metarhizium anisopliae*	*Paecilomyces* spp.
Efectos principales			
A:Sitio	0.0038	0.0000	0.0000
B:Etapa	0.0000	0.9748	0.3986
Interacción AxB	0.0802	0.9986	0.8892

Cuadro 2. Valores de P obtenidos del análisis de

Ya que las prácticas agrícolas tienen impacto en la formación de las comunidades microbianas del suelo (Bajsa *et al.*, 2013) se podría inferir que el estado México presentó mayor abundancia de HEP debido a las prácticas tradicionales (sin uso de insumos químicos y siembra de variedades criollas). En cambio, en Guanajuato, con un sistema de producción intensivo, basado en el uso de insumos químicos y variedades de maíz mejorado, se encontró la menor abundancia de HEP.

De la evaluación de 343 aislados de HEP (*B. bassiana*, *M. anisopliae* y *Paecilomyces* spp.) como agentes de control biológico, 114 registraron porcentajes de infección y mortalidad igual o mayor al 80% a los 6 días después de la aplicación del tratamiento ($1x10^4$ esporas mL^{-1}) en larvas de último estadio de *G. mellonella*. De éstos, 111 aislados (32.36%) del total, correspondieron a *B. bassiana* y tres aislados fueron de *M. anisopliae* (0.87%), los aislados de *Paecilomyces* spp., no ocasionaron infección y mortalidad de larvas. Es interesante mencionar que el 99% de los aislados de *B. bassiana* con potencial como agentes de control biológico fueron aislados de suelo del estado de México y únicamente el 1% de Michoacán.

Respecto a las interacciones, el análisis de varianza mostró que los HMA, *B. bassiana* y *P. vetula* fueron importantes en la determinación de la biomasa vegetal, además, hubo interacción entre estos (cuadro 3). Mientras que el efecto de los HMA tuvo un efecto principalmente en la parte aérea, *B. bassiana* lo tuvo en la raíz de la plántula, y el de herbivoría fue evidente en ambas partes de la planta. La presencia de *B. bassiana* se relacionó a los tratamientos con mayor biomasa de raíces. En tanto que la herbivoría de dos larvas por maceta disminuyó el PSPR. Los HMA no influyeron en la determinación de esta variable, sin embargo, los HMA interactuaron sinérgicamente con *B. bassiana* y contribuyeron a mantener un crecimiento mayor de las raíces, en presencia de *P. vetula*.

Factores principales	Variables			
	PSPR (g)	PSPA (g)	PST (g)	PSPR/PSPA
HMA	0.288	***	***	***
Bb	*	0.134	*	0.391
Pv	***	***	***	***
HMAxBb	0.294	0.609	0.352	0.227
HMAxPV	0.276	0.129	0.909	0.072
BbxPv	0.234	0.079	0.856	0.068
HMAxBbxPv	*	*	***	***

Cuadro 4. Valores de probabilidad *(p)* del análisis de varianza (ANOVA) (n=5) para los efectos de *P. vetula* (Pv), *B. bassiana* (Bb) y HMA sobre las variables de respuesta peso seco de la parte radicular (PSPR), peso seco parte aérea (PSPA), peso seco total (PST) y el radio PSPR/PSPA. *$p \leq 0.05$; ***$p \leq 0.01$

Los HMA nativos contribuyeron al aumento del PSPA, mientras que *P. vetula* lo disminuyó y *B. bassiana* no tuvo efecto. Para esta variable es más evidente la influencia de los HMA, además de que en los tratamientos donde no hubo HMA, la falta aparente de respuesta a los otros factores estudiados (*B. bassiana* y *P. vetula*) sea consecuencia de falta de P (presente en bajas concentraciones en el suelo). Con respecto al PST y a la relación PSPR/PSPA, los HMA también tuvieron un efecto positivo principalmente en la parte aérea y *B. bassiana* en la raíz. *P. vetula* tuvo un efecto negativo sobre las plantas.

Conclusiones

El estudio de los microbios benéficos asociados a la rizósfera, sus interacciones con la meso biota y el efecto sobre los cultivos representan un elemento fundamental para el manejo sustentable de los agroecosistemas.

Agradecimientos

El presente trabajo es una contribución al proyecto "Importancia de los microbios benéficos de la rizósfera en la producción sustentable de maíz" financiado por el CONACYT, propuesta de Investigación Básica (SEP-CONACYT 2012-179319). A la empresa Agrobiológicos del Noroeste (AGROBIONSA) colaboradores del proyecto, por facilitar el material biológico (*G. mellonella*).

Referencias

Bajsa, N., Morel, M., Braña, V. y Castro-Sowinski, S. 2013. The effect of agricultural practices on resident soil microbial communities: focus on biocontrol and biofertilization. En: Molecular Microbial Ecology of the Rizhosphere. Frans J. De Brujin (Eds). pp. 687-700.

Hernández-Velázquez, V.M., Núñez-Valdez, M.E., Ruiz-Vega, J., Nájera-Rincón, M.B. y F.J. Villalobos. 2010. Uso de entomopatógenos. En: Plagas del Suelo. Luis. A. Rodríguez del Bosque y M.A. Morón (Eds.) Mundi Prensa, México. pp. 169-186

Larsen, J., P. Jaramillo-López, M. Nájera-Rincón and C.E. González-esquivel. 2015. Biotic interactions in the rhizosphere in relation to plant and soil nutrient dynamics. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 15(2), 449-463

Nájera-Rincón, M.B., T.A. Jackson y J.D. López-Mora. 2006. Hongos entomopatógenos para el control de *Phyllophaga vetula* (Horn) (Coleoptera: Melolonthidae) en cultivos de maíz en Zacapu, Michoacán, México. En: A.E. Castro Ramírez, M.A. Morón y A. Aragón (Eds.). Diversidad, Importancia y Manejo de Escarabajos Edafícolas. Publ. Esp. El Colegio de la Frontera Sur. Fundación Produce Chiapas, A.C. y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. pp. 241-262

Rodríguez del Bosque, L.A., F. Silvestre, V.M. Hernández, H. Quiroz y J.E. Throne. 2005. Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* against *Phyllophaga crinita* and *Anomala flavipennis* (Coleoptera: Scarabaeidae). J. Entomol. Sci. 40: 67-73

Samson, R.A. 1981. Identification Entomopathogenic Deuteromycetes. En: Microbial control of pest and plant diseases. H.D. Burges (Eds.). pp. 1970-1980.

INTERACCIONES ENTRE LEVADURAS RIZOSFÉRICAS Y HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN RELACIÓN AL DESEMPEÑO VEGETAL DEL MAÍZ

Larsen, J. [1*]**; Sarabia, M.** [1,2]**; Carreon-Abud, Y.**[2]

[1]**Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia, Michoacán, México.**
[2]**Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México.**

*Autor responsable: jlarsen@cieco.unam.mx; Antigua Carretera a Pátzcuaro Núm. 8701, Col. Ex-Hacienda de San José de La Huerta, Morelia, Michoacán, México. CP 58190; Tel. +52-443-322-3816.

Resumen

Interacciones entre levaduras rizosféricos y hongos micorrízicos arbusculares (HMA) fue examinado en un experimento de maceta con maíz bajo condiciones controlados en cámara de crecimiento. El diseño fue factorial al azar con 3 factores incluyendo fosforo (sin y con), HMA nativos (sin y con) y levaduras (sin, *Candida philyla*, *C. valida*) y todos los tratamientos con 5 repeticiones. Se mezcló inóculo de HMA (10% p/p) y levaduras (10^6 ufc g^{-1} suelo) en el suelo antes de la siembra del maíz. Las plantas fueron cultivadas en suelo agrícola estéril con fertilización mineral completo excepto por fósforo que se mantuvo limitado (sin) o no limitada (200 mg P). Ocho semanas después de la siembra se cosecharon las plantas. Como resultados principales se nota que aplicación de fósforo aumentó el desempeño vegetal y redujo la colonización de las raíces con HMA. El efecto de HMA en el desempeño vegetal dependió de la fertilización con fósforo respectivamente aumentando y reduciendo el crecimiento vegetal del maíz sin y con fertilización con fósforo. *Candida phylila* redujó el peso seco de la parte aérea pero solo en plantas con HMA que también coincidió con una reducción en la colonización de las raíces con HMA. Como conclusión principal de este trabajo se nota que los efectos de las poblaciones nativas de HMA y levaduras rizosféricas en el desempeño vegetal del maíz depende de la fertilización mineral del P.

Palabras clave
Maíz; rizósfera; fósforo; *Candida* spp.; hongos micorrízicos arbusculares

Introducción

Microorganismos promotores del crecimiento vegetal son claves para la nutrición vegetal mitigando los impactos ambientales del uso excesivo de fertilizantes minerales (Larsen et al., 2014). Se conocen diferentes grupos funcionales ambos de bacterias y hongos relacionados principalmente con la toma de nitrógeno y fosforo como rizobacterias que fija nitrógeno atmosférico y HMA que moviliza el fosforo mineral y orgánico del suelo (Larsen et al., 2015).

Los HMA son ampliamente reconocidos por sus servicios ecosistémicos en agroecosistemas relacionados con la agregación del suelo, toma de fósforo y protección de estrés vegetal (Gianninazi et al., 2010). Las levaduras del suelo son otro grupo del hongos abundantes y diversos en el suelo (Xu et al., 2012) pero al contrario de los HMA, el conocimiento de la ecología de las levaduras es limitado (Botha, 2011) y aún menos en agroecosistemas. Sin embargo, tanto los HMA y las levaduras pueden promover el desempeño vegetal; los HMA principalmente por la toma de fósforo (Smith y Read,

2008) mientras las levaduras solubilizan fósforo mineral y orgánico del suelo y producen compuestos fitoreguladores como la auxina ácido indolacético (Botha, 2011).
Manejo y conservación de los microganismos rizosféricos benéficos se requiere conocimiento profundo sobre su ecología ambos en relación a como responden frente a prácticas agrícolas como la fertilización e interacciones con otra biota del suelo (Larsen et al., 2014).
El objetivo de este trabajo fue examinar las interacciones entre levaduras rizosféricas y comunidades de HMA nativos en relación al desempeño vegetal del maíz en suelo sin y con limitación de fosforo.

Materiales y Métodos

Diseño experimental
Un experimento en macetas con plantas de maíz fue llevado a cabo con 3 factores combinados: (1) Levaduras de la rizósfera de maíz (sin y con la inoculación de *Candida philyla* y *Candida valida*); (2) HMA (sin y con la inoculación de una población nativa); y (3) Fósforo mineral (sin y con) dando un total de 12 tratamientos con cinco repeticiones (n=60).

Material biológico
Una mezcla de suelo agrícola con arena (1: 1 p / p) fue esterilizada en autoclave dos veces durante 1 hora en dos días consecutivos.
Las semillas de maíz DK-2042 (Monsanto) fueron utilizadas en este experimento las cuales fueron lavadas con agua del grifo para eliminar fungicidas.
Las levaduras utilizadas, *Candida philyla y Candida valida*, fueron aisladas de la rizósfera de maíz de una parcela convencional para autoconsumo. La población nativa utilizada como inóculo de HMA fue obtenida de la misma parcela.

Inoculación con HMA y levaduras
La inoculación con HMA fue llevada a cabo antes de la siembra. El inóculo fue mezclado homogéneamente con el suelo-arena.
Los tratamientos con levadura fueron inóculados aplicando $1x10^6$ células de levadura por gramo de suelo, previamente a la siembra.

Condiciones de crecimiento
Las plantas de maíz crecieron bajo condiciones controladas con una fertilización completa con excepción de fósforo (sin o con 200 mg P) Las macetas fueron regadas diariamente a un 70% de su capacidad de campo.

Cosecha
La cosecha se llevó a cabo ocho semanas después de la siembra. La parte aérea de las plantas fue separada de las raíces y secadas a 70ºC para obtener el peso seco aéreo. Una sub-muestra de raíces fue tomada para llevar a cabo su tinción con la finalidad de medir la colonización con HMA de acuerdo a Giovanetti y Mosse (1980). El resto de las raíces se secaron para obtener su peso seco.

Análisis de los datos
Los datos fueron analizados estadísticamente en el programa Statgraphics XV.II centurión mediante ANOVA de tres vías de varianza y mediante la prueba post hoc LSD. En el análisis estadístico se utilizaron diferentes letras en las figuras para indicar los tratamientos que difieren significativamente ($P \leq 0.05$).

Resultados

Crecimiento vegetal

Una interacción de tres vías fue observada en cuanto al peso seco aéreo ($p<0.05$). Los HMA incrementaron el peso seco aéreo en los tratamientos sin fósforo, mostrando un efecto contrario en los tratamientos que contenían fósforo.

Una reducción en el peso seco aéreo fue observada en el tratamiento con *C. philyla*, solo en plantas micorrizadas sin P (Figura 1).

Una interacción entre HMA y P fue observada tanto en el peso seco de raíces como en el peso seco total de la planta ($p<0.05$), donde un incremento fue observado en los tratamientos sin fósforo inoculados con HMA. En presencia de fósforo, las plantas micorrizadas disminuyeron el pesos seco.

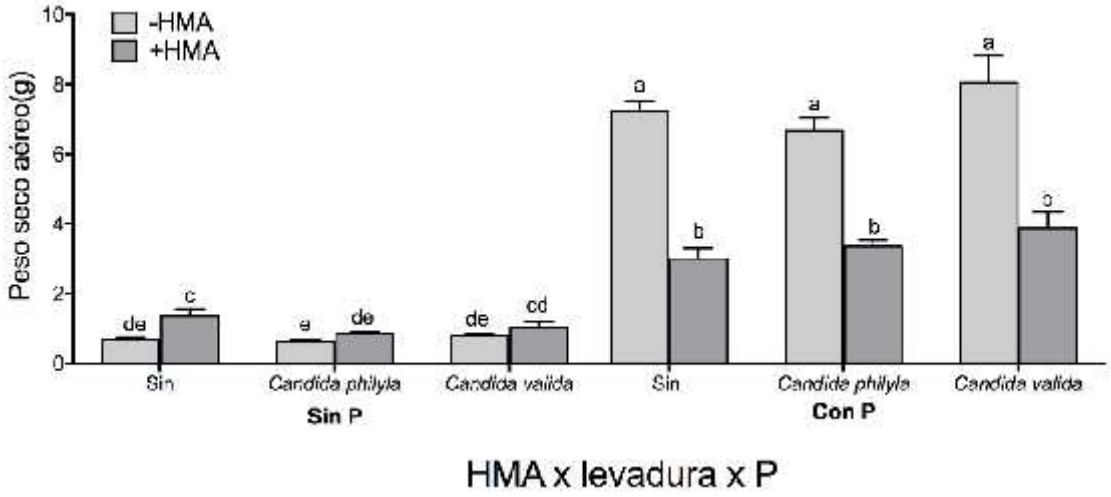


Figura 1. Peso seco de la parte aérea de maíz 8 semanas después de la siembra

Colonización de raíces por HMA

Los tratamientos inoculados con *Candida philyla* redujeron la colonización de las raíces en los tratamientos sin fósforo y en general la colonización de las raíces con HMA fue reducida en los tratamientos que contenían fósforo (Figura 2).

Discusión

Los resultados del presente trabajo muestra claramente que poblaciones nativos de HMA influyen en el desempeño vegetal del maíz pero de manera dependiente de la fertilización mineral con fósforo promoviendo el crecimiento vegetal bajo condiciones de limitaciones de fósforo y disminuyendo el crecimiento vegetal en combinación de fertilización mineral con fósforo.

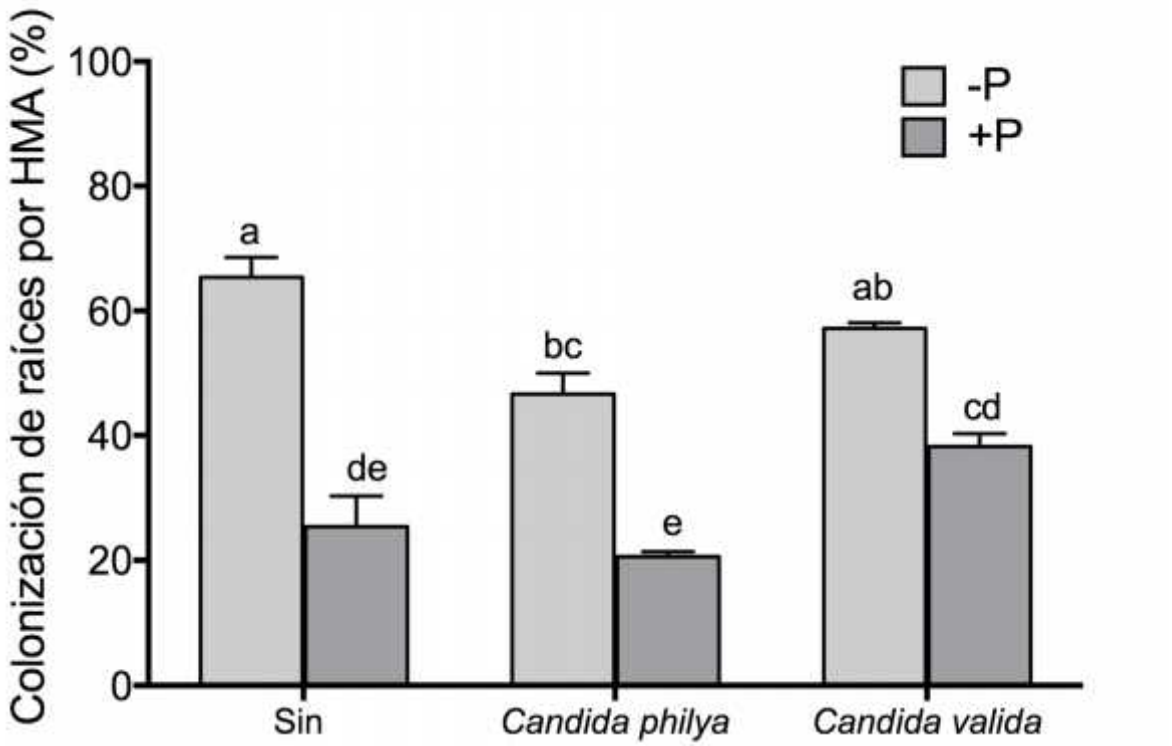


Figura 2. Colonización de las raíces con HMA 8 semanas después de la siembra de plantas como afectado de *C. philyla* y *C. valida* sin y con fertilización mineral con fosforo.

La respuesta de la planta hospedero a inoculación con HMA depende de factores ambientales como incluyendo la disponibilidad de los recursos básicos de la planta como nutrientes y luz (Johnson et al., 2003). Bajo condiciones cuando la planta hospedero no está limitado de recursos el costo energético de mantener el simbiosis del simbionte sobresale su beneficio y puede resultar en parasitismo que parece ser el caso en el presente trabajo con depresión de crecimiento cuando el fosforo no está limitado.

Inoculación con *C. philyla* redujo el peso seco de la parte aérea pero solo en combinación con HMA y sin fertilización mineral. De manera similar *C. philyla* redujo la colonización de las raíces con HMA en tratamientos sin fertilización mineral. Eso sugiere competencia de HMA y *C. phylila* por fósforo pero se requiere estudios más detallados para confirmar eso.

Como conclusión principal de este trabajo se nota que los efectos de las poblaciones nativos de HMA y levaduras rizosféricos en el desempeño vegetal del maíz dependen de la fertilización mineral del P.

Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, México) con el proyecto 179319.

Referencias

Botha, A., 2011. The importance and ecology of yeasts in soil. Soil Biology and Biochemistry 43, 1-8.

Gianinazzi, S., Gollotte, A., Binet, M.N., van Tuinen, D., Redecker, D., Wipf,D. 2010. Agroecology: the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. Mycorrhiza 20, 519–530

Giovannetti, M., Mosse, B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection roots. New Phytologist 84, 489-500.

Larsen, J., M. Najera-Rincon, C.E. Esquivel-Gonzalez, Gavito, M.E. 2014. Management of rhizosphere microorganisms in relation to plant nutrition and health. In: Benkeblia N (ed.). *Agroecology, Ecosystems and Sustainability*. New York: *CRC* Press.

Larsen, J., Jaramillo-López, P, Nájera-Rincon, M., González-Esquivel, C. 2015. Biotic interactions in the rhizosphere in relation to plant and soil nutrient dynamics. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 15, 449-463.

Smith, S.E., Read D.J., 2008. Mycorrhizal symbiosis. Third edition Academic Press, San Diego, California, USA.

Xu, L., Ravnskov, S., Larsen, J., Nicolaisen, M., 2012. Linking fungal communities in roots, rhizosphere, and soil to the health status of Pisum sativum. FEMS microbiology ecology. 82, 736–45.

Simposio 8:

2016 AÑO INTERNACIONAL DE LAS LEGUMINOSAS. SUELOS Y LEGUMINOSAS PARA UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE (FAO)

POTENCIAL PRODUCTIVO DE LEGUMINOSAS ALTERNATIVAS PARA EL NOROESTE ÁRIDO DE MÉXICO ANTE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

Troyo-Diéguez, E.[1*]; Murillo-Amador, B.[1]; Beltrán-Morales, F.A.[2]; Nieto-Garibay, A.[1]; Ruiz-Espinoza, F. H.[2]; Preciado-Rangel, P.[3]; García-Hernández, J. L.[4]

[1]Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur. México. Times New Rom 9 bd
[2]Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur. México.
[3]Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón, Coahuila. México.
[4]Universidad Juárez del Estado de Durango. Gómez Palacio, Durango. México.

*Autor responsable: etroyo04@cibnor.mx; Calle Instituto Politécnico Nacional Núm. 195, Col. Playa palo de Santa Rita Sur, La Paz, Baja California Sur. México. CP 23096; Tel. +52(612)-123-8484

Resumen

La baja fertilidad de los suelos en el noroeste de México limita la producción agrícola, por lo que para mantenerla, es necesaria la aplicación de fertilizantes. Según reportes, los estados de Baja California, Baja California Sur, Sinaloa y Sonora, tienen superficies que manifiestan pérdida de la función productiva, con extensiones de 93 180, 81 010, 135 190 y 126 820 ha, respectivamente. Los suelos que predominan en los dichos estados del noroeste mexicano son el regosol, litosol, cambisol, yermosol, xerosol, vertisol, feozem y solonchak, principalmente. Algunas regiones productoras presentan síntomas de salinización, condición que puede agravarse si no se toman medidas adecuadas. Las leguminosas son especies benéficas que fijan N y algunas son de baja exigencia hídrica. Son mejoradores del suelo y fertilizan al auto suministrarse N. Además de alimentos, producen forraje, leña y abono verde. Existen leguminosas adaptadas a zonas áridas y con problemas de salinidad, destacando el frijol yorimón (*Vigna unguiculat*a L. Walp.), frijol gandul (*Cajanus caja*n (L.) Millsp.), frjol tepario (*Phaseolus acutifolius* A. Gray), haba costera (*Cannavalia maritima* (Aublet) Thouars) y el frijol dolichos (*Dolichos lablab*). En Baja California Sur, el rendimiento de grano de yorimón ha oscilado de 1.6 a 2.9 Mg ha-^{1}, en parcelas con salinidades de 2.1 a 4.2 dS m^{-1}, en tanto que el gandul de 2.7 a 4.5 Mg ha^{-1}, en parcelas de baja fertilidad y escasa retención de humedad, donde han colapsado cultivos convencionales. También existen leguminosas arbóreas, como el mezquite, palo verde y palo fierro, entre otras, susceptibles de aprovechamiento sostenible.

Palabras clave

Leguminosas; zonas áridas; degradación de suelos

Introducción

Los suelos agrícolas en el noroeste de México denotan pérdida de calidad y potencial productivo, toda vez que para mantener los rendimientos, la aplicación de fertilizantes resulta idispensable. Algunas localidades productoras presentan síntomas de salinización, condición que puede agravarse si no se toman medidas adecuadas. Los principales cultivos anuales en Baja California son el tomate, fresa, trigo, cebolla y algodón, a su vez, los perennes predominantes son alfalfa verde, espárrago, uva, naranja y limón; destacan por su producción el trigo, con 516 000 Mg y alfalfa verde con 2 223 300 Mg. En Baja California Sur, la principal producción de cultivos anuales se orienta a tomate, chile verde, papa, maíz grano y trigo grano, por su parte, los principales perennes son el aguacate, espárrago, alfalfa verde, naranja y mango; por el volumen de producción sobresalen el tomate, con 138 600 Mg y alfalfa verde con 472 000 Mg. En Sonora, los cultivos anuales principales son el trigo grano, papa, melón, tomate, cebolla y garbanzo grano y los principales perennes

son la alfalfa verde, uva y espárrago; sobresalen el trigo, con una producción de 2 038 000 Mg y alfalfa verde con 1 948 800 Mg. En Sinaloa los cultivos anuales predominantes son el maíz grano, frijol, tomate, papa, chile verde y pepino, mientras que los perennes principales son el mango, caña de azúcar, coco fruta, alfalfa verde y naranja; destacan por su producción el maíz grano, con 4 920 684 Mg y la caña de azúcar con 1 891 962 Mg (SAGARPA, 2014). Es claro que en la región noroeste, así como en otras regiones productoras, la alfalfa se sonstituye como la leguminosa con mayor preferencia, en tanto que en esta región, únicamente en Sinaloa se produce frijol de manera extensiva. La agricultura en el noroeste de México es, sin duda, una de las más avanzadas del país, sin embargo, según Salinas-Zavala *et al.* (2006) las condiciones sociales, económicas y geográficas sugieren desarrollos diferenciales. Se han detectado cuatro tipos diferentes de desarrollo agrícola: los fronterizos (Mexicali-San Luis-Río Colorado), la agricultura indígena (colonias ejidales yaquis), la agricultura privada (agricultores de los valles Yaqui y Mayo, en Sonora, San Quintín en Baja California) y los Pioneros (agricultores del Valle de Santo Domingo en Baja California Sur). En varias de las unidades de riego ubicadas en el noroeste mexicano, existen numerosos indicios de degradación y sobreexplotación alarmantes, detectados en la disminución de los niveles estáticos y dinámicos, en la disminución del volumen obtenido por pozo, en la degradación de la calidad del suelo y en la intrusión de agua salina a pozos cercanos al mar.

Las leguminosas son especies benéficas que fijan N y algunas son de bajos reuerimientos hídricos y nutrimentales. Son mejoradores del suelo y fertilizan al auto suministrarse N. Además de alimentos, producen forraje, leña y abono verde. Aunado a lo naterior, las leguminosas son un excelente componente de la dieta animal debido a su alto contenido de proteína y son convenientes para el ahorro de fertilizante destinado a especies forrajeras demandantes de nutrientes. Además, se caracterizan en su mayoría por alcanzar producciones aceptables en sitios con escasa precipitación, donde las gramíneas producen bajos volúmenes de materia seca. El Año Internacional de las Leguminosas 2016 fue propuesto para sensibilizar a investigadores, técnicos, docentes, estudiantes y a la opinión pública, sobre las ventajas nutricimentales de las leguminosas como parte de una producción de alimentos sostenible encaminada a lograr la seguridad alimentaria y la nutrición. El 2016 brinda una oportunidad única de fomentar conexiones a lo largo de toda la cadena alimentaria para aprovechar mejor las proteínas derivadas de las leguminosas, incrementar su producción mundial, utilizar de manera más apropiada la rotación de cultivos y hacer frente a los retos que existen para su producción ante el cambio climático y en su comercialización. Es posible diversificar la gama de productos comestibles que estén al alcance de los habitantes de zonas rurales, propiciando esquemas variados de producción múltiple, no solamente los sistemas de producción extensivos. Existen leguminosas adaptadas a zonas áridas y a suelos de baja fertilidad o afectados por salinidad, entre las que destacan en el noroeste de México el frijol yorimón (*Vigna unguiculat*a L. Walp.) (Ávila-Serrano *et al*., 2006; Ddamulira *et al*., 2015), frijol gandul (*Cajanus caja*n (L.) Millsp.), frjol tepario (*Phaseolus acutifolius* A. Gray), *Cannavalia maritima* y el frijol dolichos (*Dolichos lablab* L.). Sin embargo, su difusión aún es escasa y algunos de ellos, como el frijol yorimón y el tepario únicamente se producen y cosechan en comunidades rurales alejadas o en su caso, en las vecindades de las localidades de producción extensiva.

El objetivo del presente trabajo es analizar las posibilidades de diversificación de la producción mediante el aprovechamiento de leguminosas alternativas, escasamente conocidas y aprovechadas por los habitantes del medio rural.

Materiales y Métodos

Se realizaron análisis de la producción agrícola con información documental disponible (SAGARPA, 2014) y un arevisión prospectiva de leguminosas alternativas, con potencial de producción en el noroeste de México. Los volúmenes de producción se cuantificaron a partir de bases de datos disponibles en sistemas de información (INEGI, 2007). Información específica de leguminosas alternativas se obtuvo a partir de resultados experimentales y de validación en localidades específicas del noroeste de México (López-Aguilar *et al.*, 2003; Beltrán-Morales, 2009).

El Noroeste de México

Los suelos en los estados de Baja California, Baja California Sur, Sinaloa y Sonora, tienen superficies que manifiestan pérdida de la función productiva, con extensiones de 93 180, 81 010, 135 190 y 126 820 ha, respectivamente. Los suelos que predominan en dichos estados del noroeste mexicano, son el regosol, litosol, cambisol, yermosol, xerosol, vertisol, feozem y solonchak, principalmente (Figura 1) (PRONACOSE, 2014). La región se distingue por sus zonas agrícolas diferenciadas, donde destacan distritos de riego de alta productividad, como el Valle de Mexicali, en Baja California, los valles del Yaqui y Mayo, en Sonora, y los valles del Fuerte, Guasave y Culiacán, en Sinaloa, donde se practica la agricultura de riego, con alto nivel de tecnificación.

Disponibilidad de leguminosas alternativas

Se integró información disponible y se catalogaron registros agroecológicos de leguminosas en parcelas experimentales y de observación en localidades del noroeste de México, incluyendo frijol yorimón (*Vigna unguiculat*a), frijol gandul (*Cajanus caja*n), frjol tepario (*Phaseolus acutifolius*), haba costera (*Cannavalia maritima*) y dolichos (*Dolichos lablab*) (Beltrán-Morales *et al*., 2009).

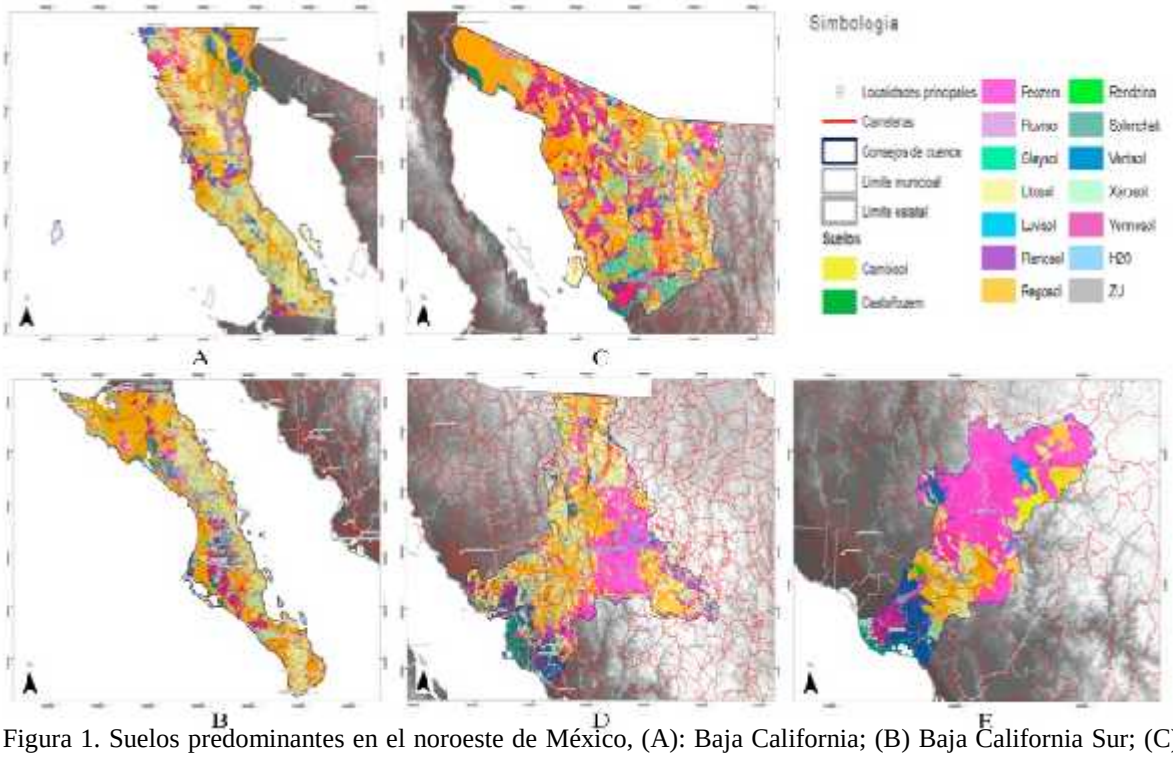


Figura 1. Suelos predominantes en el noroeste de México, (A): Baja California; (B) Baja California Sur; (C) Noroeste de Sonora; (D) centro y centro-oeste de Sonora; (E) sur de Sonora y norte de Sinaloa.

Resultados y Discusión

Las evidencias encontradas sugieren que las leguminosas en estudio presentan alto potencial para su aprovechamiento como cultivos alternativos, para grano o forraje, en la región del noroeste de México (Figura 2). El frijol yorimón (*Vigna unguiculata*) cuenta con antecedentes como cultivo para grano en el centro, centro-este y sur del estado de Sonora, asimismo, para producción de forraje y alimentos balanceado para acuacultura en los municipios de La Paz y Los Cabos, Baja California Sur. El frijol gandul (*Cajanus cajan*) ha demostrado rendimiento de grano hasta de 4.5 Mh ha^{-1} en el centro y norte de Sinaloa y en la porción sur del estado de Baja California Sur. El frjol tepario (*Phaseolus acutifolius*) se ha detectado en localidades del centro y noroeste de Sonora, por su parte, haba costera (*Cannavalia maritima*) se encuentra distribuida en los ecosistemas costeros

del occidente central y noroeste del estado de Sinaloa, así como en ecosistemas subtropicales costeros de Baja

Especie leguminosa	Rendimiento de grano o materia seca (MS), Mg ha^{-1}		
	- - - - - - - - - - - Salinidad del suelo, CE dS m^{-1} - - - - - - - - - - -		
	< 1.5	1.5 a 3.0	> 3.0
Vigna unguiculata, grano	3.10	2.65	1.67
Cajanus cajan, grano	4.40	3.85	1.25
Phaseolus acutifolius, grano	1.55	1.20	ND
Cannavalia maritima, MS &	ND	6.32	5.25
Dolichos lablab @	8.25	7.90	6.15

california Sur, particularmente en el flanco del Océano Pacífico, con propiedades de tolerancia a la salinidad y atributos como recurso forrajero. A su vez, el frijol dolichos se ha desarrollado de manera adecuada desde siembra hasta cosecha, en suelos agrícolas de Los Cabos, La Paz y Santo Domingo, Baja California Sur, con factibilidad de ser considerado como forraje, además de poder utilizarse como abono verde y suplemento alimenticio en acuacultura (Figura 2).

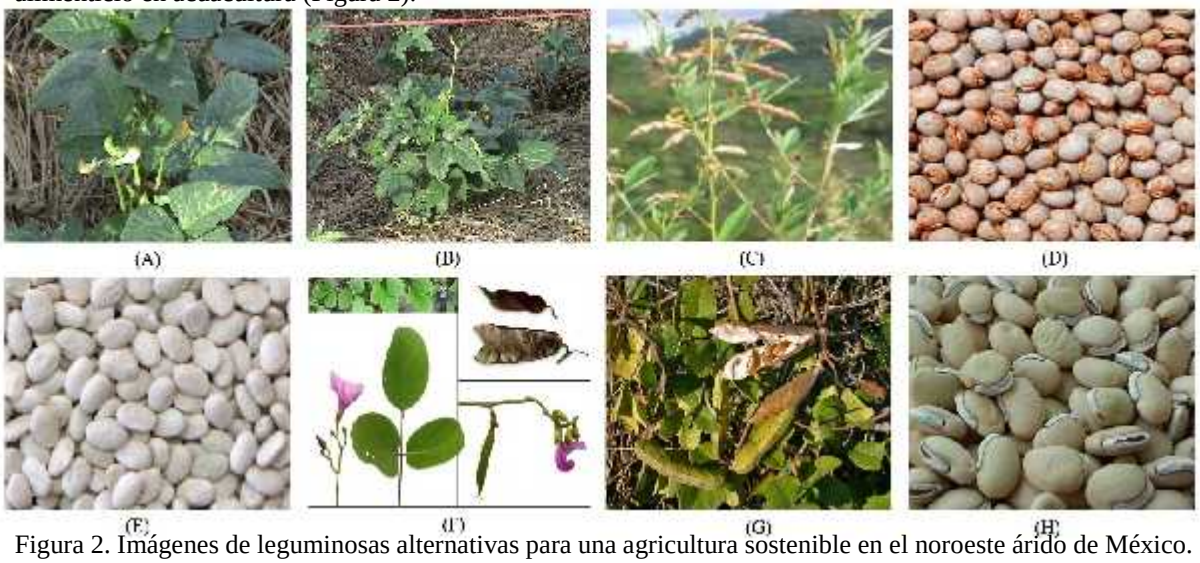


Figura 2. Imágenes de leguminosas alternativas para una agricultura sostenible en el noroeste árido de México. (A) y (B): Frijol yorimón (*Vigna unguiculata*); (C) y (D) arbusto y grano de frijol gandul (*Cajanus cajan*); (E) frijol tepario (*Phaseolus acutifolius*); (F) y (G) *Cannavalia maritima*; (H) *Dolichos lablab* grano.

Entre las leguminosas con potencial de tolerancia a la salinidad, destaca el frijol yorimón (*Vigna unguiculata*), el cual ha sostenido rendimientos arriba de 1.6 Mg ha$^{-1,}$ en condiciones de salinidad expresada en CE mayor a 3.0 dS m^{-1}, superior a varios cultivos convencionales; datos comparativos de rendimiento se presentan en el Cuadro 1. El frijol gandul (Cajanus cajan) presenta un elevado potencial de rendimiento de grano, que alcanza en condiciones semiáridas magnitudes alrededor de 5 Mg ha^{-1}, aunque con influencia subtropical. Por su parte, el frijol tepario presenta resistencia a la sequía, con demanda hídrica 60% menor que el frijol común (*Phaseolus vulgaris*); aún cuando sus rendimientos son relativamente bajos, son aceptables por las condiciones de baja fertilidad y escasa disponibilidad hídrica donde se establece. *Cannavalia maritima y Dolichos lablab* son recursos forrajeros alternativos que pueden aprovecharse en suelos de franjas costeras afectados por salinidad, con una potencial contribución a resolver la escases de forrajes en condiciones de sequía.

Cuadro 1. Rendimiento experimental de cinco leguminosas alternativas para la agricultura sostenible, en tres condiciones de salinidad del suelo.

Nota. & : parcela costera observacional; @ : parcela en condiciones de producción orgánica.

Conclusiones

Las leguminosas son un importante y sobresaliente grupo de cultivos con notoria capacidad de prosperar en ambientos áridos y suelos pobres, salinizados o en proceso de degradación. El frijol gandul y el yorimón (Ávila-Serrano *et al*., 2006) han evidenciado un potencial de producción promisorio para la diversificación agroecológica en el noroeste de México, aunque es necesario discriminar ecotipos y variedades, según su respuesta a las modificaciones de los agrosistemas. Para utilizar con mayor eficiencia los suelos afectados por sales y las aguas salobres o de mala calidad, es esencial determinar la tolerancia específica de los cultivos en cada una las etapas del crecimiento. Así, la información que se genere será de suma utilidad, ya que permitirá a los agricultores tener conocimiento para un adecuado manejo de sus recursos suelo y agua, asimismo, servirá para futuras investigaciones. Como consecuencia del desarrollo socioeconómico, es claro que en las unidades y distritos de riego en el noroeste la mayoría de los sistemas de producción se especializan en monocultivos de alta demanda hídrica y química, donde se remueve la vegetación y se inducen cambios graduales ambientales drásticos, por lo que nuevas estrategias de producción sostenible son imprescidibles para la seguridad alimentaria (Troyo-Diéguez *et al*., 2010).

Referencias

Ávila-Serrano, N.Y., B. Murillo-Amador, A. Palacios-Espinosa, E. Troyo-Diéguez, J.L. García-Hernández, J.Á. Larrinaga-Mayoral y M Mellado-Bosque. 2006. Caracterización y obtención de funciones para producción de biomasa en cinco cultivares de frijol yorimón: II Método no destructivo. Téc Pecu Méx. 44(1): 119-128.

Beltrán-Morales, F.A., J.L. García-Hernández, F.H. Ruiz-Espinoza, L. Fenech-Larios, B. Murillo-Amador, A. Palacios-Espinoza and E. Troyo-Diéguez. 2009. Nutrimental potential of red dolichos, brown dolichos and cowpea for green manure produced under three tillage systems. Tropical and Subtrop. Agroecosyst. 10: 487-495.

Ddamulira, G., C.A. Fernandes-Santos, P. Obuo, M. Alanyo and C. Kasozi-Lwanga. 2015. Grain yield and protein content of Brazilian cowpea genotypes under diverse Ugandan environments. Am. J. of Plant Sci. 6: 2074-2084.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2007. Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007. México. http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/Agro/default.aspx. Fecha de consulta: 11 de julio, 2016.

López-Aguilar, R., A. Orduño-Cruz, A. Lucero-Arce, B. Murillo-Amador and E. Troyo-Diéguez. 2003. Response to salinity of three grain legumes for potential cultivation in arid areas. Soil Sci. and Plant Nutr. 49(3): 329-336.

PRONACOSE (Programa Nacional contra la Sequía). 2014. http://www.pronacose.gob.mx/pronacose14/. Cd. de México. México. Fecha de consulta: 30 de junio, 2016.

SAGARPA. 2014. Estudios Económicos. http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/estudios_economicos/monitorestatal/Tabulador_por_estado/. México. Fecha de consulta: 8 de julio, 2016.

Salinas-Zavala, C.A., S.E. Lluch-Cota e I. Fogel. 2006. Historia del desarrollo del cultivo invernal de trigo en cinco distritos de riego en el desierto de Sonora, México. Interciencia (Venezuela). 31(4): 254-261.

Troyo-Diéguez, E., A. Cruz-Falcón, M. Norzagaray-Campos, L.F. Beltrán-Morales, B. Murillo-Amador, F.A. Beltrán-Morales, J.L. García-Hernández y R.D.Valdez-Cepeda. 2010. Agotamiento hidro-agrícola a partir de la Revolución Verde: extracción de agua y gestión de la tecnología de riego en Baja California Sur, México. Estudios Sociales. 18(36): 177-201.

Acumulación de Na^+ y Cl^- en tres cultivares de frijol dolichos (*Dolichos spp*) con seis niveles de salinidad

Beltrán-Morales F.A.[1*]; Troyo-Dieguez E.[2]; Ruiz-Espinoza F.H.[1]; Zamora-Salgado S.[1]; Jorge A. Alcala-Jauregui[3]; Loya-Ramirez J.G. [1]; Murillo-Amador B.[2]

[1]Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz B.C.S. México.
[2]Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. La Paz B.C.S. México.
[3]Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí. México.

*Autor responsable: abeltran@uabcs.mx. Carretera al Sur Km 5.5. Colonia el Mezquitito. La Paz, Baja California Sur. México. CP 23080; Tel. +52 (612)-1238800

Resumen
El objetivo del estudio fue determinar la acumulación de Na^+ y Cl^- en tres cultivares de frijol dolichos en etapa de germinación; sometidos a 6 niveles de salinidad. En las zonas áridas la salinización del agua subterránea se atribuye a las altas tasas de evaporación y a la recarga limitada que resulta en bajos gradientes hidráulicos. El fríjol dolichos (*Dolichos spp*), además de su potencial como fuente nutrimental en la alimentación del ganado, ofrece otras ventajas importantes cuando se utiliza en sistemas agrícolas. Por ser una leguminosa, esta planta proporciona la fijación biológica del nitrógeno. Se utilizó una cámara de germinación fabricada por la empresa Seedburo Equipment Company, modelo 549. Los cultivares de frijol dolichos (negro, rojo y café) fueron sometidos a tratamientos con una concentración salina de 0, 2, 4, 6, 8 and 10 dSm^{-1} de NaCl. El análisis de Cloro y Sodio fue realizado en laboratorio de Suelo y Planta del Centro de Investigaciones Bilógicas del Noroeste (CIBNOR); la determinación de Na^+ y Cl^- en plantas germinadas de frijol se hizo de manera directa con un espectrofotómetro de absorción atómica (Shimadzu® AA-660, Japón). El cultivar de frijol dolichos café presentó la mayor acumulación de cloro y sodio al someterse a una concentración salina de 10 dSm^{-1}; el cultivar que presentó una menor acumulación de cloro y sodio al someterse a la concentración de 10 dSm^{-1} fue el frijol dolichos rojo.

Palabras clave
Salinidad; frijol; remediación

Introducción
La salinización del suelo y el agua es causada por procesos físicos y químicos que incrementan la concentración de sal en el suelo y el agua. Los procesos responsables del desarrollo de suelos y agua salinos son complejos y directamente relacionados al transporte de masa disuelta en el sistema de flujo de agua subterráneo.

La sal se acumula cuando el agua subterránea con minerales cerca de la superficie o en la superficie continuamente se evapora causando que los minerales se precipiten; por evapotranspiración cuando el agua es constantemente absorbida por las plantas y la sal se concentra en la zona insaturada; por hidrolisis cuando el agua es absorbida para la formación de nuevos minerales en los procesos de meteorización (Salama *et al.,* 1999).

Una alta salinidad en el agua subterránea se relaciona comúnmente con la intrusión de agua subterránea muy antigua o agua de mar. En las zonas áridas la salinización del agua subterránea se atribuye a las altas tasas de evaporación y a la recarga limitada que resulta en bajos gradientes hidráulicos (Ronit *et al.,* 1997).

El problema central enfrentado por las plantas sometidas a altas concentraciones de sal es la retención osmótica de agua y efectos iónicos de toxicidad específicos sobre las proteínas del citoplasma y las membranas. El agua es retenida osmóticamente en las soluciones salinas de tal forma que conforme aumenta la concentración de sal el agua se encuentra a su vez menos disponible para la planta. Entonces la planta debe invertir gran cantidad de recursos para extraer el agua del suelo. La respuesta celular de la planta (ajuste osmótico) es la concentración de solutos no tóxicos en la célula, de tal forma que el valor del potencial químico

del agua de la célula disminuya y sea competitivo contra el presentado por la solución salina (Benavides-Mendoza y Ramírez, 2002).

La fitorremediación es un proceso que utiliza plantas para remover, transferir, estabilizar, concentrar y/o destruir contaminantes (orgánicos e inorgánicos) en los suelos, lodos, sedimentos etc., y puede aplicarse tanto in situ como ex situ. Los mecanismos de la fitorremediación incluyen la rizo degradación, la fito-extracción, la fitodegradación y la fitoestabilización (Betancur *et al.*, 2005). Resulta especialmente útil en el proceso de recuperación a largo plazo, aplicado a grandes superficies, con niveles de contaminación bajos y relativamente inmóviles (Velasco *et al.*, 2009), lo que puede ayudar a mejorar los suelos a través de la siembra de determinados cultivos tolerantes a la salinidad y sodicidad del suelo (Qadir *et al.*, 2001).

El uso frecuente de leguminosas como abono verde contribuye a la recuperación de la fertilidad del suelo (Bucien *et al*., 2003), puede mejorar sus propiedades físicas (Agostini *et al*., 2003) y controlar plagas (Aloyokhin y Atlihan, 2005), malezas (Blackshaw *et al*., 2001) y nematodos (Guereña, 2006); pero sobre todo incrementa el contenido de materia orgánica, que a su vez modifica la capacidad de intercambio catiónico y la disponibilidad de macro y micronutrientes.

En el caso de utilización de leguminosas como abono verde, se destaca la incorporación de nitrógeno al suelo, efectuado a través de la fijación biológica (Kristensen, 2006; Mehari *et al*., 2005). El fríjol dolichos (*Dolichos spp*), además de su potencial como fuente nutrimental en la alimentación del ganado, ofrece otras ventajas importantes cuando se utiliza en sistemas agrícolas. Por ser una leguminosa, esta planta proporciona la fijación biológica del nitrógeno (N). La acción natural de convertir N atmosférico en las formas disponibles para la planta, mejora la productividad de una manera barata y ambientalmente sustentable.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Semillas de la Universidad Autónoma de Baja California Sur; localizado en el paralelo 24 ° 08' 32 " Latitud Norte y 110 ° 18' 32" Longitud Oeste. (INEGI, 2002). Se utilizó una cámara de germinación fabricada por la empresa Seedburo Equipment Company, modelo 549; la temperatura al interior de la cámara fue de 25 ± 1 ° C. Los cultivares de frijol dolichos fueron sometidos a tratamientos con una concentración salina de 0, 2, 4, 6, 8 and 10 dSm^{-1} de NaCl. Se utilizaron cinco repeticiones con 20 semillas por repetición, las plantas emergidas fueron pesadas con una balanza analítica Ohaus modelo AS260D. La germinación final de la semilla se registró a los 10 dias después de la siembra.

El análisis de Cloro y Sodio fue realizado a los 20 días después de la siembra en laboratorio de Suelo y Planta del Centro de Investigaciones Bilógicas del Noroeste (CIBNOR); la determinación de Na^+ y Cl^- en plantas germinadas de frijol se hizo de manera directa con un espectrofotómetro de absorción atómica (Shimadzu® AA-660, Japón).

Figura 1. Germinados de frijol dolichos sometidos a concentraciones salinas

Resultados y Discusión

Acumulación de cloro.

En el Cuadro 1 observa que la mayor concentración de cloro se presentó en el cultivar de frijol dolichos café cuando se sometió a una solución salina de 10 dSm^{-1} con un promedio porcentual de 1.69; del mismo modo se comportó el cultivar de frijol dolichos negro sometido a la misma solución salina con 1.49% de acumulación de cloro. El cultivar de frijol que acumuló menos cloro en sus tejidos cuando se sometió a una solución salina de 10 dSm^{-1} fue el dolichos rojo con 1.29%. Por otro lado, los tres cultivares de frijol dolichos presentaron la más baja concentración de cloro cuando fueron tratadas con agua destilada como testigo en rangos de 0.17% hasta 0.23% de acumulación de cloro.

Cuadro 1. Acumulación de cloro en tres cultivares de frijol dolichos

Tukey HSD test; variable VAR3 (new.sta)														
Homogeneous Groups, alpha=.05														
INTERACTION: 1 x 2														
			i	h	g	f	e	d	c	b	a			
		Media												
2	0 {7}	0.17101601	xxxx									% Acumulacion de cloro (Cl)		
1	0 {1}	0.22191162	xxxx											
3	0 {13}	0.23725134	xxxx											
1	2 {2}	0.6956349		xxxx								1= frijol dolichos café		
2	2 {8}	0.73561019		xxxx	xxxx							2= frijol dolichos rojo		
2	6 {10}	0.8330943		xxxx	xxxx	xxxx						3= frijol dolichos negro		
3	2 {14}	0.9282282		xxxx	xxxx	xxxx								
3	6 {16}	0.98549783			xxxx	xxxx	xxxx					0 ds/m		
2	4 {9}	1.0028497				xxxx	xxxx					2 ds/m		
3	4 {15}	1.02504539				xxxx	xxxx					4 ds/m		
1	4 {3}	1.08450115				xxxx	xxxx	xxxx				6 ds/m		
2	8 {11}	1.19334447					xxxx	xxxx				8 ds/m		
3	8 {17}	1.19621646					xxxx	xxxx				10 ds/m		
1	6 {4}	1.22029877					xxxx	xxxx	xxxx					
2	10 {12}	1.29030836						xxxx	xxxx	xxxx				
1	8 {5}	1.45593047							xxxx	xxxx	xxxx			
3	10 {18}	1.49057448								xxxx	xxxx			
1	10 {6}	1.69321096									xxxx			

Acumulación de sodio

En el Cuadro 2 se observa que la mayor concentración de sodio se presentó en el cultivar de frijol dolichos café cuando fue sometido a una solución salina de 8 y 10 dSm^{-1} con 2.48 y 2.74 % respectivamente; el cultivar de frijol que acumuló menos sodio en sus tejidos cuando se sometió a una solución salina de 10 dSm^{-1} fue el dolichos rojo con 2.22%. Por otro lado, los tres cultivares de frijol dolichos presentaron la más baja concentración de sodio cuando fueron tratadas con agua destilada como testigo en rangos de 0.34% hasta 0.41% de acumulación de sodio.

Con respecto a la germinación, esta fue similar en los cultivares de frijol dolichos café y dolichos rojo desde un 80 hasta un 100% proporcional al nivel de salinidad utilizado; en contraste, el cultivar de frijol dolichos negro presentó un porcentaje de germinación de 40 hasta 60% de mayor a menor nivel de salinidad.

En un estudio similar con frijol Yorimon (*Vigna unguiculata* L.) Murillo-Amador *et al*, 2001, encontraron que la concentración de Na^+ y Cl^- se incrementa proporcionalmente al incrementarse los niveles de cloruro de sodio.

Cuadro 2. Acumulación de sodio en tres cultivares de frijol dolichos

Tukey HSD test; variable VAR3 (new.sta)												
Homogeneous Groups, alpha=.05												
INTERACTION: 1 x 2												
			g	f	e	d	c	b	a			
		Media										
3	0 {13}	0.34744766	xxxx									
2	0 {7}	0.37143829	xxxx							% Acumulacion de sodio (Na)		
1	0 {1}	0.41979346	xxxx									
2	2 {8}	1.21482956		xxxx								
1	2 {2}	1.57575142		xxxx	xxxx							
3	2 {14}	1.59300435		xxxx	xxxx	xxxx				1= frijol dolichos café		
3	6 {16}	1.60998905		xxxx	xxxx	xxxx				2= frijol dolichos rojo		
3	4 {15}	1.63185072		xxxx	xxxx	xxxx				3= frijol dolichos negro		
2	4 {9}	1.76529217		xxxx	xxxx	xxxx	xxxx					
2	6 {10}	1.76780856		xxxx	xxxx	xxxx	xxxx			0 ds/m		
1	4 {3}	1.79907107		xxxx	xxxx	xxxx	xxxx			2 ds/m		
3	8 {17}	1.88769388			xxxx	xxxx	xxxx	xxxx		4 ds/m		
1	6 {4}	2.04923391			xxxx	xxxx	xxxx	xxxx		6 ds/m		
2	8 {11}	2.05481076			xxxx	xxxx	xxxx	xxxx		8 ds/m		
2	10 {12}	2.22052121				xxxx	xxxx	xxxx	xxxx	10 ds/m		
3	10 {18}	2.3501544					xxxx	xxxx	xxxx			
1	8 {5}	2.48997831						xxxx	xxxx			
1	10 {6}	2.74024343							xxxx			

Conclusiones

El cultivar de frijol dolichos café presentó la mayor acumulación de cloro y sodio al someterse a una concentración salina de 10 dSm^{-1}; el cultivar que presentó una menor acumulación de cloro y sodio al someterse a la concentración de 10 dSm^{-1} fue el frijol dolichos rojo.

Referencias

Agostini, F., E. Sparvoli and De Siena C. 2003. Improving the physical propierties of soil from the Biancana Badlands, Tuscany, Italy, by the use of amendment materials. Soil Use and Management, 19: 270-272.

Aloyokhin, A. and R. Atildan. 2005. Reduced fitness of the Colorado potato beetle (*Coleoptera: Chrysomelidae*) on potato plants grown in manure-amended soil. Environmental Entomology, 34: 963-968.

Benavides-Mendoza, A. y Ramírez, H. 2002. Ecofisiología y Bioquímica del estrés en Plantas. Departamento de horticultura Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México.

Betancur, L.M.A., Mazo, K.I.M. y Mendoza, A.J.S. 2005. Fitorremediación: la alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos. Red Revista La Sallista de Investigación.

Blackshaw, R.E., J.R. Moyer, R.C. Doram and A.L. Boswell. 2001. Yellow sweetclover, green manure and its residues effectively suppress weeds during fallow. Weed Science, 49: 406- 413.

Bucienė, A., A. Šlepetienė, D. Šimanskaitė, A. Svirskienė and B. Butkutė. 2003. Changes in soil properties under high- and low-input cropping systems in Lithuania. Soil Use and Management, 19: 291-297.

Guereña, M. 2006. Nematodes: Alternative controls. National Sustainable Agriculture Service. USA.

INEGI. 2002. Anuario Estadístico del Estado de Baja California Sur, México.

Kristensen, K.T. 2006. Root growth and nitrogen uptake of carrot, early cabbage, onion and lettuce following a range of green manures. Soil Use and Management, 22: 29-38.

Mehari, A., F.A. Mrema and M. Weih. 2005. The suitability of Acacia tortilis as an alternative tree manure crop to Leucaena leucocephala in sub-Saharan Africa. African Journal Ecology, 43: 162-165.

Murillo-Amador B, Troyo-Dieguez E, Garcia-Hernandez JL, Larrinaga-Mayoral JA, Nieto-Garibay A, López-Cortes A. Efecto de la salinidad en genotipos de chicharo de vaca *Vigna unguiculata* L. durante la etapa de plántula. 2001. Agrochimica. 46(1-2): 73-87.

Qadir, M., Ghafoor, A. y Murtaza, G. 2001. Use of saline-sodic waters through phytoremediation of calcareous saline–sodic soils. Agricultural Water Management, 50(3):197-210

Ronit, N., Eilon, A., Ofer, D. y Ilan, N. 1997. Water salinization in arid regions observations from the Negev desert Israel. Journal of Hydrology, 196:271-296.

Salama, R. B., Otto, C. J. y Fitzpatrick, R. W. 1999. Contributions of groundwater conditions to soil and water salinization. Hydrogeology Journal, 7(1):46-64

Velasco, J., Cabrera, M., Romero, T., Salamanca, C., Hoyos, C., Ledesma, J., Revuelta, J., Nieto, J. y Torres, M. 2009. Ciencias de la tierra y medio ambientales. Edit. Editex. 492 p.

FRIJOL PINTO SALTILLO, LOS ACIERTOS DE LA CIENCIA AGRÍCOLA EN EL BINOMIO SUELO-CULTIVO

Sánchez-Valdez, I.[1]; Covarrubias-Ramírez, J. M.[2*].

[1]Investigador del CE Saltillo. INIFAP hasta 2011
[2]C.E. Saltillo-INIFAP. Saltillo, Coahuila. México.

* Autor para correspondencia: covarrubias.juan@inifap.gob.mx; Calle: Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 No. Núm. 9515, Col. Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. CP 25315; Tel. +52 (01 (800) 088 2222 Ext 83525, 83501.

Resumen

La variedad pinto saltillo se generó a lo largo de 15 años en suelos de zonas semiáridas desde su cruzamiento múltiple hasta su registro ante el SNICS, en este proceso que se realizó en otros estados del país y no en Coahuila y menos en el CE Saltillo, por efecto de recursos económicos, se eliminaron el programa de maíz y frijol en 1995. Un investigador del INIA que ahora forma parte del INIFAP se distingue por pagar por trabajar, por lo cual el generador de esta variedad el M. C. Isaac Sánchez Valdez, guardo las líneas avanzadas del programa de frijol y observo que en una línea el grano no se escurecía por lo que en 1998 realizó la depuración de la línea PT93004 para obtener la variedad Pinto Saltillo. El pinto saltillo tiene un tiempo de cocción aproximado de 45 minutos, es tolerante a enfermedades como la roya, antracnosis y el tizón común, tiene un rendimiento promedio de 1,539 kg/ha y ha alcanzo rendimiento de hasta 2,613 kg/ha con más de 400 mm de agua. El éxito comercial del pinto saltillo es su vida de anaquel prolongada que permite mayor tiempo de comercialización y consumo por la población.

Palabras clave:

Ciencia; Causalidad; Milagro

Introducción

Cuando Pasteur utilizó un nuevo método para eliminar los microorganismos que pueden degradar a la leche, primero realizó su calentamiento en un matraz con un mechero hasta casi 50 ºC, pero al dejarlo destapado el compuesto se contaminaba, después de un arduo y agotador trabajo no encontraba la respuesta porque se contaminaba y una noche se encontraba tan cansado que el mechero lo retiro del envase sin apagarlo y estuvo en contacto con el matraz que se encontraba inclinado y se durmió, al día siguiente observó que en el matraz su estaba doblado por el calor del mechero que se había quedado encendido, y que su punta se encontraba doblada, encontró que su compuesto no estaba contaminado, por lo que por un acierto de la ciencia encontró que si calentaba y mantenía cerrado el envase con el compuesto, este se encontraba libre de los microorganismo que lo contaminaban. (Ferrera-Cerrato y Pérez-Moreno, 1995)

Un acierto científico muchas veces no requiere una investigación tan costosa, sólo tener la capacidad de observar la naturaleza y entenderla, pero hoy en día el equipo de investigación para entender esto es muy costoso. El frijol pinto saltillo es el mejor ejemplo, en junio de 1985 inicia operaciones el Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga del INIA, con los programas de papa, manzana, trigo, triticale, Avena, Cebada, Frijol y forrajes de invierno (Godina, 1986). En 1995, como INIFAP el Campo sólo maneja dos programas, papa y manzano, por lo que el germoplasma del programa de frijol, el investigador responsable, Isaac Sánchez Valdez, en cajas y envase de vidrio con tapa en forma hermética y con el tiempo el investigador empezó a

observar unas semillas que no se oscurecían con el tiempo, o sea que no se oxidaban y cuando se reactivó el programa de frijol, con esta línea avanzada empezó su mejoramiento para un mayor rendimiento y calidad, hasta lograr la liberación ya para el año 2004 (Sánchez *et al* , 2004).
En la región norte centro de México, el frijol pinto se distingue por ser un grano de color crema muy claro con pintas de color café y es el de mayor preferencia por los consumidores, la demanda nacional es de 370,000 toneladas de grano, sin embargo la producción es insuficiente para abastecer la demanda y se tiene un déficit promedio de 62,000 toneladas (Sánchez *et al*, 2001). El objetivo del mejoramiento fue obtener variedades con rendimiento de grano y calidad comercial

Materiales y Métodos

La variedad pinto saltillo se obtuvo por el método de mejoramiento genético de pedigrí (genealógico), que implica el cruzamiento seguido de selección individual y en masa, bajo los criterios de rendimiento, tolerancia a enfermedades y calidad de grano (Sánchez *et al* , 2006).
El proceso de obtención se inició con un cruzamiento múltiple seguido de una selección en masa hasta llegar a F_3, en Palmira Colombia proveniente del CIAT. En 1991, se recibe la población F_4 y se distribuye en tres estados del altiplano: Durango, Aguascalientes y Jalisco, en estas tres localidades se realizó selección individual con base en vigor de la planta, carga de vainas, resistencia a enfermedades y calidad comercial del grano (Cuadro 1).

Cuadro 1. Proceso de obtención de la variedad de frijol Pinto Saltillo.

Año	Generación y Actividad	Descripción
1987	Parental	Obtención del cruzamiento múltiple
1988	F_1	Se formó la población segregante
1989	F_2	Avance generacional multiplicación de semilla y cosecha en masa
1990	F_3	Avance generacional multiplicación de semilla y cosecha en masa
1991	F_4	Se recibió la población para sembrar en Durango, Aguascalientes y Jalisco. Selección visual con base en vigor de planta, carga de vainas, tolerancia a enfermedades y grano con valor comercial.
1991-1992 O-I	F_5	Avance generacional en Los Mochis, Sin. usando la semilla de cada planta seleccionada para sembrar un surco de 5 m. Selección con base a la tolerancia de roya y antracnosis. Cosecha masal y preparación del vivero de observación para su siembra en Durango, Aguascalientes y Jalisco
1992	F_6	Selección de la Familia MX8738-35B en Ignacio Allende, Dgo.
1992-1993 O-I	F_7	Multiplicación de semilla durante el invierno en Los Mochis, Sin.
1993-1996	F_8 - F_{10}	Se obtuvo la línea codificada como PT93004, la cual mostro uniformidad en tipo de planta y color de la semilla. Esta línea se incluyó en los ensayos preliminares de rendimiento establecidos en Durango, Zacatecas, Chihuahua y Aguascalientes. Evaluación con base a la tolerancia a enfermedades, rendimiento y adaptabilidad.
1996-1997	F_{11}-F_{12}	Ensayo de la línea PT93004, en el ensayo uniforme de rendimiento establecido en 26 ambientes del altiplano de México. Determinación del tiempo de cocción y contenido de proteínas del grano
1998-2000	F_{13}	Depuración de la línea PT93004 y obtención de semilla original de la var Pinto Saltillo
2001	Registro de la var Pinto Saltillo	Número de registro provisional SNICS 1424-FRI-026-120901/C. Definitivo FRI-040-251104.

Resultados y Discusión

El pinto saltillo es adaptable a suelos de zonas semiáridas y es tolerante a enfermedades como la roya, antracnosis, el tizón común y Pudriciones de la Raíz, tiene un rendimiento promedio de 1,539 kg/ha y ha alcanzo rendimiento de hasta 2,613 kg/ha con más de 400 mm de agua. En temporal tiene un rendimiento de 1,139 kg/ha, su rango en temporal pobre (140 mm) ha sido de 262 kg/ha y de 2,512 kg/ha en buen temporal (750 mm de lluvia).

Cuadro 2. Ensayos de rendimiento del pinto Saltillo en varias localidades

Año	Localidad	Rendimiento kg/ha
2006	Durango, Dgo.	818
2006	Francisco I. Madero, Dgo.	1407
2006	Panuco de Coronado, Dgo	2613
2007	Cuauhtémoc, Dgo.	1978
2007	Durango, Dgo. Loc. 1	1949
2007	Durango, Dgo. Loc. 2	1926
2007	Durango, Dgo. Loc. 3	2014
2007	Rodeo, Dgo.	545
2007	Ejido Revolución, Dgo.	1075
2007	Panuco de Coronado, Dgo	2178
2007	Francisco I. Madero, Dgo. Loc. 1	902
2007	Francisco I. Madero, Dgo. Loc. 2	1030
2008	Durango, Dgo. Loc. 1	1174
2008	Durango, Dgo. Loc. 2	2380
2008	Durango, Dgo. Loc. 3	1425
2008	Francisco I. Madero, Dgo. Loc. 1	1342
2008	Francisco I. Madero, Dgo. Loc. 2	1646
2008	Francisco I. Madero, Dgo. Loc. 3	1295
	Promedio General	1539

La baja precipitación que caracteriza al sureste de Coahuila, que oscila de 150 a 280 mm de lluvia, exige variedades eficientes en el uso del agua. La variedad pinto saltillo ha demostrado su capacidad de producción, aún en reducidas condiciones de lluvia, en comparación a las variedades tradicionales de este cultivo.

El uso de microrganismos benéficos para la producción de frijol en temporal es una opción sustentable, la aplicación de micorrizas de la especie G*lomus intraradices* y de bacterias fijadoras de nitrógeno como *Rhizobium Etli*. La biofertilización se realiza con *Rhizobium* con una bolsa de 370 g que viene etiquetada como Biofertílizante para frijol, más una bolsa de mícorriza de 1 kg etiquetada como Micorriza INIFAP, además de una bolsa de adherente de 100 mL. Se mezclan los tres productos en un ¼ de litro de agua y se forma un "lodo" que se mezcla con la semilla necesaria para sembrar una hectárea para que se adhiera quedando lista para la siembra (Sánchez y Covarrubias, 2001).

En temporal además de utilizar biofertilizantes se utiliza el pileteo que contribuyen al control de malezas y

arropado de la planta para un mejor anclaje similar a una escarda, el cual consiste en levantar pequeños bordos de tierra cada 3 metros a lo largo del surco con un implemento denominado pileteadora que permite captar y conservar mayor cantidad de agua de lluvia y reducir los efectos de la sequía incrementando el rendimiento de los cultivos hasta en un 20 por ciento. El uso de las pi1eteadoras está generalizado en los estados de Durango, Zacatecas, Aguascalientes, San Luis Potosí y Querétaro.

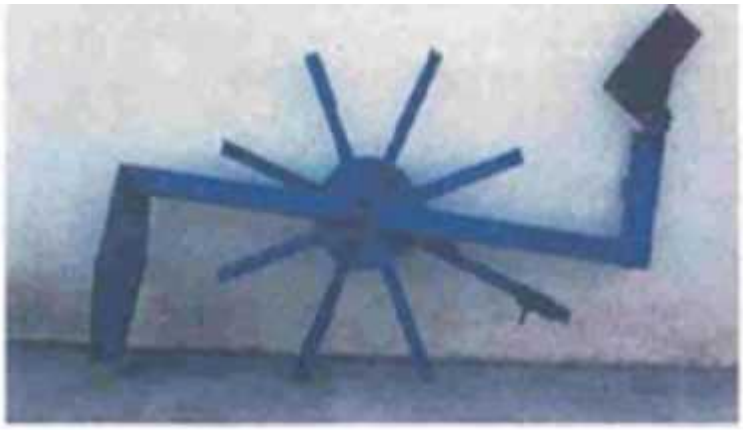


Figura 1. Pileteadora para cosecha de agua en la producción de frijol bajo temporal

La región norte del país muestra preferencia principalmente por el frijol tipo pinto, razón por la cual el grano de la variedad pinto saltillo tiene amplia aceptación en el mercado; además, posee mayor vida de anaquel, debido a que su grano no se oscurece tan rápido, como sucede con otras variedades de frijol de su mismo tipo, conservando su color original hasta 24 meses después de haber sido cosechado, pudiendo lograr un sobreprecio sobre las variedades cuyo grano tienen fondo oscuro, por lo cual el éxito comercial del pinto saltillo es su vida de anaquel prolongada que permite mayor tiempo de comercialización y consumo por la población.

Pinto saltillo también reporta un mayor contenido de proteína (22.1%) y menor tiempo de cocción (45 minutos en la olla exprés), respecto a la variedad criolla flor de mayo, lo cual implica un ahorro inmediato de energía (combustible) y en la economía del ama de casa.

Conclusiones

El frijol pinto saltillo es una de las mejores opciones en leguminosas para la alimentación de la población.
El manejo del cultivo permite desarrollar conocimiento en la problemática real para un país con deficiencia en la producción.
Toda Investigación debe realizarse bajo el esquema del método científico, pero en ocasiones la causalidad es como un milagro para tener un buen resultado.
La investigación agrícola requiere de verdaderos investigadores comprometidos con el cultivo y luego con la documentación, hoy en día con el SNI, la política de evaluación que existe en las instituciones donde la creatividad en la investigación ha sido desplazada por la necesidad de asegurar el sueldo con documentos y no con cultivos.

Agradecimientos

Al M. C. Isaac Sánchez Valdez, por ser un verdadero investigador del INIA, y del área agrícola del INIFAP, de los que cada día hay menos y que son ejemplo para los nuevos investigadores que no tiene esa filosofía en la investigación para resolver problemas.

Referencias

Ferrera-Cerrato, R.. y J. Pérez-Moreno, 1995. Agromicrobiología, elemento útil en la agricultura sustentable. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Estado de México. 223 p.

Godina J., H. 1986. El CESIA, Nuevo campo agrícola experimental para beneficio de Coahuila y Nuevo León. Folleto Informativo No. 1. SARH- INIA-CIAN-CESIA. Arteaga, Coah. 20 p.

Sánchez V., I. 2001. Pinto saltillo: nueva variedad de frijol para el sureste del estado de Coahuila. Desplegable Técnica Núm 8. SAGARPA-INIFAP-CIRNE-CESAL. Saltillo, Coah. México. 22 p.

Sánchez V., I. y J. M. Covarrubias-Ramírez. 2001. Paquete tecnológico del cultivo de fríjol. Desplegable para productores Num. 7. CESAL-CIRNE-INIFAP-SAGARPA. Saltillo, Coah.

Sánchez V., I.; J. A. Manríquez N.; F. A. Martínez M. y L. A. López I. 2001. El frijol en México, competitividad y oportunidades de desarrollo. Boletín informativo 33(316):1-87.

Sánchez V., I.; J. A. Acosta G.; F. J. Ibarra P., R. Rosales S. y S. P. Singh. 2004. Registration of 'Pinto Saltillo' common bean. Crop Sci. 44: 1865-1866.

Sánchez V., I.; J. A. Acosta G.; F. J. Ibarra P., R. Rosales S. y E. I. Cuellar R. 2006. Pinto Saltillo, nueva variedad para el altiplano de México. Folleto Técnico Núm. 22. SAGARPA-INIFAP-CIRNE-CESAL. Saltillo, Coah. México. 22 p.

Simposio 9:

III SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE RECUPERACIÓN DE FERTILIZANTES DR. ROBERTO NUÑEZ ESCOBAR

ANÁLISIS DE INDICADORES DE LA EFICIENCIA DE USO DEL NITRÓGENO EN MAÍZ (*Zea mays* L.) EN MÉXICO, GUATEMALA, EL SALVADOR, HONDURAS, NICARAGUA, Y COSTA RICA EN EL PERÍODO 1990-2010.

Tasistro, Armando[1*]

[1]Director, México y América Central, International Plant Nutrition Institute (IPNI).

*Autor responsable: atasistro@ipni.net; 3500 Parkway Lane, Suite 550, Peachtree Corners, Georgia 30092-2844, EEUU; Tel. +1 (770) 825-8079.

Resumen

Hay una creciente consciencia global de que el uso del nitrógeno (N) en la agricultura debe ser más eficiente. Sin embargo, en México y América Central no hay suficiente información disponible sobre este tema. Con base en datos publicados, este trabajo provee estimaciones de la eficiencia de uso del N en maíz en dicha región para el período 1990-2010, usando los índices Productividad Parcial del Factor (PPF) y Balance Parcial del Nutriente (BPN). Ambos índices aumentaron sostenidamente en México, El Salvador, y Costa Rica, permanecieron estancados en Guatemala, y variaron ampliamente en Honduras y Nicaragua. El principal motor para las mejorías en El Salvador, México, y Costa Rica fue el aumento en los rendimientos, complementado con el estancamiento en las dosis de aplicación en El Salvador y Costa Rica, y menores dosis de aplicación en México, como resultado de los mayores precios internacionales de los fertilizantes. En Mexico, el aumento en la productividad del maíz puede ser ligado al uso de mejores tierras, riego, y tecnologías de producción intensiva, que incluyen materiales genéticos mejorados y mejor manejo agronómico. Parte de este aumento parece haber sido acentuado por la implementación del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). Estas conclusiones muestran que la combinación de circunstancias tecnológicas, económicas, y políticas puede conducir a aumentos en la eficiencia de uso del N en sistemas agrícolas en desarrollo, lo que en la limitada literatura disponible pareciera ser posible sólo en sistemas agrícolas desarrollados.

Palabras clave

Eficiencia de uso del nitrógeno; Productividad Parcial del Factor; Balance Parcial del Nutriente; México; América Central; maíz;

Abstract

There is increasing global awareness that agricultural nitrogen (N) use needs to be more efficient. However, in Mexico and Central America there is insufficient information on this issue. Based on published data, this paper provides estimates of N use efficiency for maize in that region for 1990 to 2010, using the indices Partial Factor Productivity (PFP) and Partial Nutrient Balance (PNB). Both indices increased steadily in Mexico, El Salvador, and Costa Rica, remained stagnant in Guatemala, and varied widely in Honduras and Nicaragua. The main driver for the improvements in El Salvador, Mexico, and Costa Rica was the increase in yields, complemented by stagnant N application rates in El Salvador and Costa Rica, and lower N application rates in Mexico as result of higher international fertilizer prices. In Mexico, greater maize productivity can be linked to the use of more productive

lands, irrigation, and intensive production technology due to the implementation of the North America Free Trade Agreement (NAFTA). These findings show that the combination of technological, economical, and political circumstances can lead to increased N use efficiency in developing agricultural systems, which in the limited literature available seems to be possible only under developed agricultural systems.

Keywords

Nitrogen use efficiency; Partial Factor Productivity; Partial Nutrient Balance; Mexico; Central America; maize;

Introducción

La aplicación de N en la agricultura ha hecho posibles incrementos sustanciales en la productividad global de los cultivos y la población humana. Esto ha generado una preocupación por el uso responsable de este nutriente al grado que el manejo del N en una manera sostenible ha sido identificado como uno de los mayores retos ecológicos que enfrenta la humanidad (Cassman et al., 2002).

Como consecuencia, recientemente ha habido un aumento marcado en el interés en evaluar la eficiencia del N (Cassman et al., 2002; Dobermann, 2007), y existen varios índices que la miden, tanto en términos de producción del cultivo o N recuperado en el cultivo por unidad de N aplicado (Cassman et al., 2002; Dobermann, 2007; Novoa and Loomis, 1981; Fixen et al., 2015). Dos indicadores de eficiencia en el largo plazo comúnmente usados son el PPF y el BPN (Fixen et al., 2015). La PPF atiende al análisis de la productividad de un sistema de producción de cultivos en relación a la aplicación de nutrientes; en el caso de N en maíz, la PPF_N se calcula a partir de la cantidad de grano cosechada (Y_N) y la correspondiente cantidad de N aplicada (F_N) como: $PPF_N = Y_N / F_N$. Los valores típicos de PPF_N en cereales varían entre 40 a 90 kg grano kg^{-1} N [4]; PPF_N >70 kg grano kg^{-1} N pueden atribuirse al uso de dosis de N muy bajas y/o sistemas productivos manejados muy eficientemente (Dobermann, 2005). La PPF_N se puede calcular muy fácilmente y puede ser usada razonablemente bien a escalas regional o global, aunque su precisión puede estar limitada principalmente por las incertidumbres en las cantidades de N usadas en la realidad (Dobermann, 2005).

Para un nutriente dado, el BPN mide la relación entre la cantidad removida en la parte cosechada y la aplicada al cultivo (Fixen et al., 2015). Para N en maíz, el BPN_N se expresa normalmente en base a la cantidad de N removida en el grano (A_N) y la cantidad correspondiente de N aplicada (F_N): $BPN_N = A_N / F_N$. La interpretación de los valores de BPN_N está determinada por los criterios que guíen al manejo de la fertilidad. Valores de BPN_N <1 indican que más N está siendo aplicado que lo que está siendo removido del sistema, lo que podría ser parte de una estrategia para elevar la fertilidad del suelo, una indicación de pérdidas de N, o que la respuesta del cultivo al N está siendo limitada por algún otro factor. Por el otro lado, si BPN_N >1 se está removiendo más N que el que está siendo aplicado, lo que podría indicar que se quiere aprovechar una disponibilidad natural alta de N o un enfoque irracional en el manejo de la fertilidad (Dobermann, 2005).

En el caso de N en países en desarrollo, la visión dominante ha sido que a medida que los productores se embarcan en un programa de intensificación de su producción, se puede esperar que los valores de PPF_N disminuyan porque los rendimientos no aumentan tan rápidamente como las dosis de aplicación de N [4]. Se han observado aumentos en PPF_N concomitantes con los de rendimientos en sistemas

agrícolas avanzados donde las inversiones en investigación y transferencia de tecnología han posibilitado la adopción de sistemas avanzados de manejo y la reducción en las dosis de aplicación de N (Dobermann, 2005).
A pesar del creciente interés en años recientes en México y América Central en la eficiencia de uso de nutrientes por cultivos, hay todavía una gran escasez de datos sobre el tema. Hasta donde es conocido para el autor, este trabajo es el primero en documentar la eficiencia de uso de N — estimada por medio de la PPF_N y el BPN_N — en maíz en dicha región.

Materiales y métodos

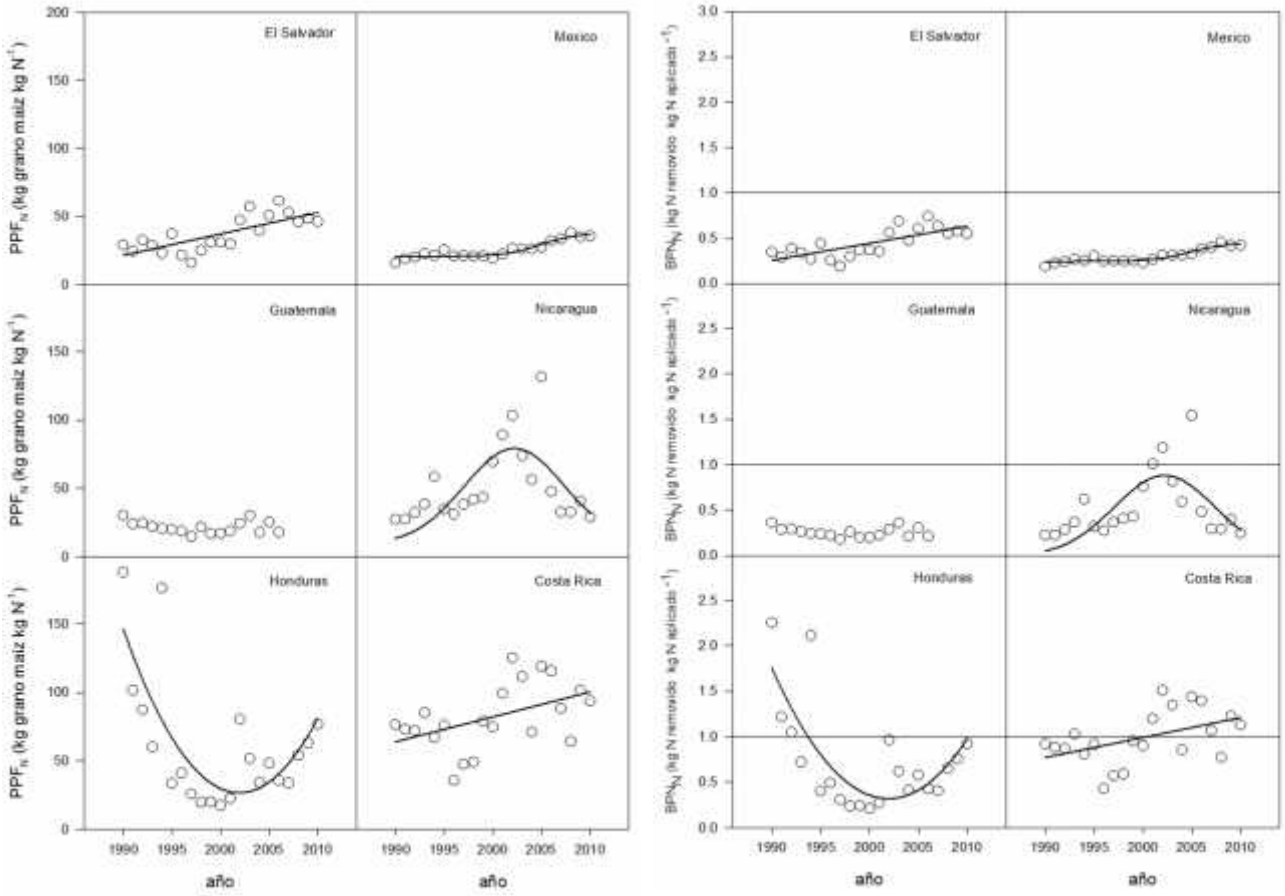
El análisis fue hecho para el período 1990-2010 usando los resultados sobre el uso de N en maíz publicados por Rosas (2012) y datos sobre áreas cosechadas con maíz y rendimientos reportados por FAOSTAT (2015). Los rendimientos para 2007-2010 en Guatemala no fueron considerados debido a su patrón inexplicable en valores y variación. Para cada año se calculó la PPF_N mediante la división de los rendimientos de grano correspondientes entre las dosis de N, mientras que el BPN_N fue calculado dividiendo las cantidades correspondientes de N removidas en el grano de maíz entre las dosis de N. Las cantidades de N removidas en el grano fueron calculadas multiplicando los rendimientos de grano anuales por la concentración de N en el grano (12 g kg^{-1}) reportada por IPNI (2015).
Los precios de urea en el Mar negro fueron obtenidos de Index Mundi (2015).

Resultados

Los cambios en PPF_N y BPN_N (Figuras 1a y 1b) fueron idénticos ya que $BPN_N = PPF_N$ * concentración de N en el grano, como se muestra en las siguientes expresiones:

$PPF_N = Y_N/F_N$
$BPN_N = A_N/F_N$
$A_N = Y_N$ * concentración de N en el grano
$BPN_N = PPF_N$ * concentración de N en el grano

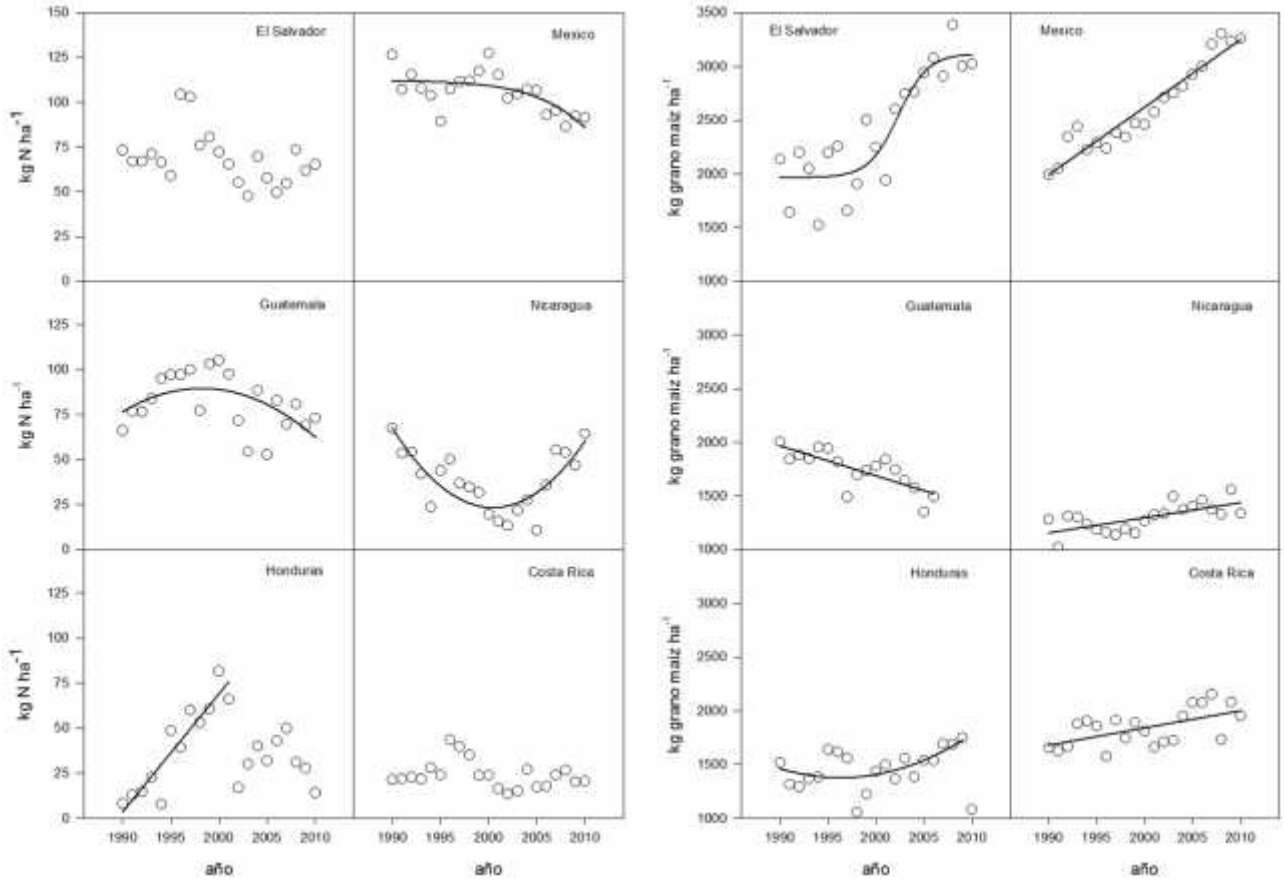
El progreso de ambos índices fluctuó marcadamente entre países (Figuras 1a y 1b): aumentaron sostenidamente en El Salvador, México, y Costa Rica, se mantuvieron estancados en Guatemala, y exhibieron amplias variaciones tanto en Honduras como en Nicaragua.



(a) (b)

Figura 1. (a) Cambios en PPF_N en maíz entre 1990 y 2010 en El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, y Costa Rica; (b) Cambios en BPN_N en maíz entre 1990 y 2010 en El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, y Costa Rica.

Los crecimientos en El Salvador, México, y Costa Rica están asociados con una combinación de uso de N estable o decreciente (Figura 2a) y mayores rendimientos (Figura 2b).



(a) (b)

Figura 2. (a) Cambios en la dosis media de N aplicada a maíz (kg N ha^{-1}) entre 1990 y 2010 en El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, y Costa Rica; (b) Cambios en el rendimiento medio de maíz (kg grano ha^{-1}) entre 1990 y 2010 en El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, y Costa Rica.

En los 20 años estudiados, las mejorías en productividad del maíz y eficiencias de uso de N en El Salvador fueron altamente significativas ($p<0.01$), aunque se pueden distinguir dos fases. En la primera, entre 1990 y 2001, las dosis de N y los rendimientos oscilaron alrededor de 70 kg ha^{-1} (Figura 2a) y 2,000 kg ha^{-1} (Figura 2b), respectivamente, y por consiguiente la PPF_N (Figura 1a) promedió 30 kg grano kg N^{-1}, y el BPN_N (Figura 1b) varió alrededor de 0.4 kg N kg N^{-1}. Después del 2001, las dosis de N descendieron y fueron más variables que en la fase previa, en tanto que los rendimientos aumentaron 50%, llegando a valores cercanos a 3,000 kg ha^{-1} in 2010. Como resultado, la PPF_N aumentó a un promedio de 50 kg grano kg N^{-1} y el BPN_N creció a alrededor de 0.5 kg N kg N^{-1}. Entre 1990 y 2010, los rendimientos de maíz en México alcanzaron una tasa de aumento altamente significativa ($p<0.01$) de 63 kg grano ha^{-1} yr^{-1} (Figura 2b). En el mismo período, el uso promedio de N mostró una disminución altamente significativa ($p<0.01$) desde 112 a 92 kg N ha^{-1} in 2010 (Figura 2a). Mayores rendimientos de maíz con menos uso de N resultó en un aumento altamente significativo ($p<0.01$) en la PPF_N desde aproximadamente 20 kg grano kg N^{-1} hasta 36 kg grano kg N^{-1} en 2010 (Figura 1a), y en el BPN_N desde 0.2 a 0.5 kg N kg N^{-1} (Figura 1b).

Aunque en términos generales los rendimientos de maíz en Costa Rica tuvieron un aumento altamente significativo ($p<0.01$), en el 2010 eran aún pequeños en comparación con los de El Salvador y México (Figura 2b), en tanto que el uso de N permaneció virtualmente estable a un nivel promedio muy bajo de 25 kg ha^{-1} durante los 20 años analizados (Figura 2a). Por consiguiente, la PPF_N y el BPN_N crecieron significativamente ($p<0.05$) entre 1990 y 2010, aunque con oscilaciones muy pronunciadas que variaron entre 40 a 120 kg grano kg N^{-1} en el caso de la PPF_N (Figura 1a), y 0.5 a 1.5 kg N kg N^{-1} para BPN_N (Figura 1b).

En Honduras, los rendimientos de maíz entre 1990 y 2001 fluctuaron alrededor de 1,500 kg ha^{-1} (Figura 2b), mientras que el uso de N aumentó 6.6 kg N ha^{-1} yr^{-1} ($p <0.01$), yendo desde casi 0 a 70 kg N ha^{-1} (Figura 2a). Esta evolución se reflejó en el descenso de la PPF_N desde casi 200 a 25 kg grano kg N^{-1} (Figura 1a), y en el BPN_N desde alrededor de 2.5 a 0.25 kg N kg N^{-1} (Figura 1b). No obstante, desde 2002 a 2010, el uso de N en maíz en Honduras disminuyó irregularmente mientras que los rendimientos tuvieron un aumento significativo ($p<0.05$), y consecuentemente tanto la PPF_N como el BPN_N aumentaron, llegando a valores próximos a 70 kg grano kg N^{-1} y 1.0 kg N kg N^{-1}, respectivamente.

En general, los rendimientos de maíz en Nicaragua tuvieron un aumento altamente significativo ($p<0.01$), aunque los valores alcanzados fueron bajos en comparación con otros países (Figure 2b). El uso de N mostró un cambio altamente significativo disminuyendo inicialmente desde alrededor de 70 kg ha^{-1} en 1990 a 15 kg ha^{-1} en 2001, y aumentando desde 2002 hasta casi 65 kg ha^{-1} en 2010 (Figura 2a). A medida que el uso de N disminuyó, la PPF_N se elevó desde 20 a 60 kg grano kg N^{-1}, con valores excepcionalmente altos observados entre 2000 y 2005, seguidos por una reducción desde 2002 a 2010 (Figura 1a), en una respuesta parabólica altamente significativa ($p<0.01$). Los BPN_N fluctuaron entre 0.3 y 0.5 kg N kg N^{-1}, excepto durante el período con una fuerte contracción en las aplicaciones de N (Figura 1b).

Los datos de Guatemala indican estancamiento con bajos valores de PPF_N y BPN_N que fluctuaron alrededor de 20 kg grano kg N^{-1}y 0.4 kg N kg N^{-1}, respectivamente (Figuras 1a y 1b). Un elemento importante en determinar esos resultados ha sido la disminución altamente significativa ($p<0.01$) en rendimientos de maíz desde alrededor de 2,000 kg ha^{-1} en 1990 a 1,500 kg ha^{-1} en 2006 (Figura 2b). El uso de N en maíz mostró una respuesta parabólica altamente significativa ($p<0.01$), creciendo casi 50% entre 1990 y 2000 y decreciendo de manera muy variable con posterioridad (Figura 2a).

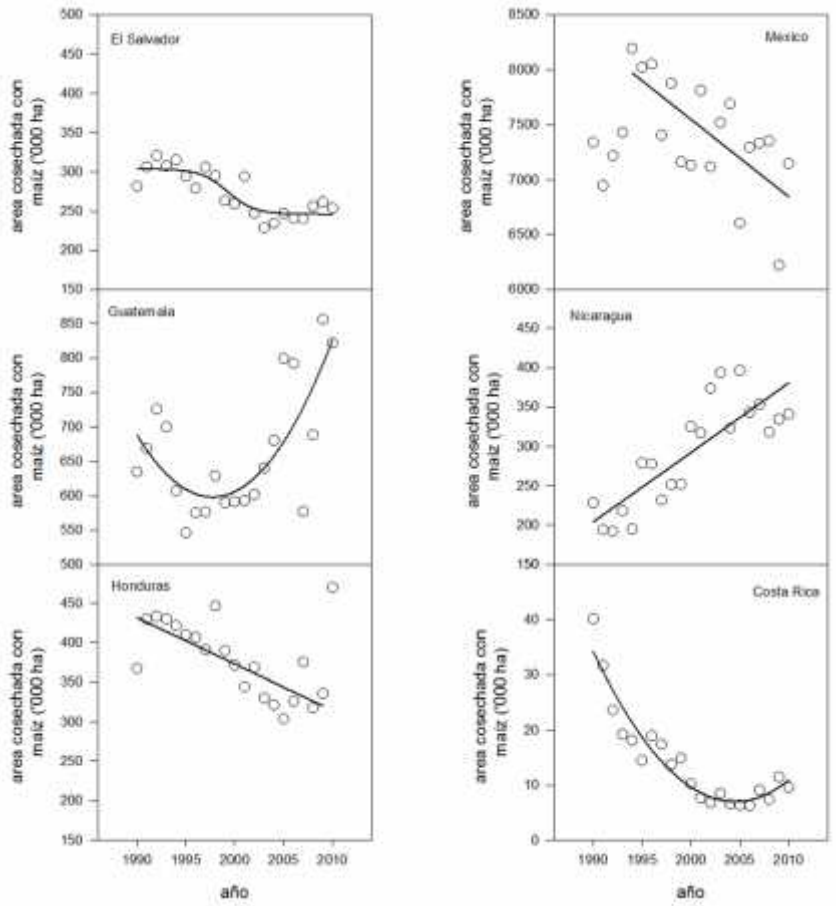


Figura 3. Cambios en el área cosechada con maíz (1000 ha) entre 1990 y 2010 en El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, y Costa Rica.

El área cosechada con maíz (Figura 3) mostró cambios altamente significativos ($p<0.01$): declinó y luego aumentó en Guatemala, aumentó sostenidamente en Nicaragua, disminuyó en El Salvador, México, y Honduras, y tuvo una disminución inicial seguida por una elevación después de 2005 en Costa Rica.

Discusión

El aumento en la productividad del maíz observado en la mayoría de los países estudiados ha sido en gran medida resultado de los esfuerzos en investigación y promoción de mejores tecnologías productivas, a través de los años, por organizaciones gubernamentales, privadas, e internacionales. Componentes relevantes de estas tecnologías mejoradas incluyen germoplasma de mayor potencial de rendimiento, mejor manejo de la nutrición de los cultivos, protección contra malezas, plagas, y enfermedades, sistemas de labranza conservacionistas del suelo, mejor manejo del agua, poblaciones y distribuciones de plantas acordes con las condiciones de crecimiento, técnicas de cosecha y almacenaje más eficientes, y avances en la mecanización de operaciones.

La mejoría en PPF_N en El Salvador, México, Costa Rica, y Honduras (en este último, después de un descenso inicial) contrasta con lo expresado por Dobermann (2005) quien restringe la posibilidad de aumentos continuos en la PPF_N solo a países desarrollados debido a que cuentan con los fondos, tanto en el sector público como el privado, para inversiones en investigación y extensión en mejoramiento de cultivos, nuevos productos fertilizantes, y mejores prácticas de manejo, a niveles que exceden en gran medida los disponibles actualmente en el mundo en desarrollo. Además, según Dobermann (2005), sólo en países desarrollados se han reportado aumentos en la PPF_N simultáneamente con mayores rendimientos de cereales, que serían explicados por una combinación de suelos fértiles, condiciones climáticas favorables, y mejores prácticas de manejo de suelos y cultivos, incluyendo el manejo del N.

Los resultados del presente estudio sugieren que la elevación en la productividad del maíz, bajo un uso de N estable o decreciente, asociado con la mejoría en los índices de eficiencia de uso de N, no ha sido consecuencia solamente de circunstancias tecnológicas y ambientales, sino también de la influencia de cambios macroeconómicos y políticos.

Cuadro 1. Precios de urea (Mar Negro) absolutos y relativos (1990=100) en dólares de EEUU t-1, entre 1990 y 2010 (Index Mundi, 2015).

Año	Precios de urea (Mar Negro) (dólares de EEUU t^{-1})	Precio relativo (1990=100)
1990	119	100
1991	137	115
1992	114	96
1993	84	71
1994	127	106
1995	187	157
1996	179	150
1997	114	96
1998	83	70
1999	66	56
2000	101	85
2001	95	80
2002	94	79
2003	139	116
2004	175	147
2005	219	184
2006	223	187
2007	309	259
2008	493	413
2009	250	209
2010	289	242

Un factor económico de alta importancia que parece haber afectado el uso de N en maíz en la región fue el aumento en los precios internacionales de los fertilizantes nitrogenados en los primeros años del siglo 21, y que llegaron a un máximo en el 2008, cuando el precio de la urea — una fuente clave de N y uno de los fertilizantes más comúnmente usados — se multiplicó por más de cuatro veces en relación a su precio promedio en 1990 (Cuadro 1). En la medida que los precios aumentaron después del 2000, el uso de N aumentó sólo en Nicaragua, en tanto que en los demás países disminuyó o

permaneció inalterado (Figura 2a). La disminución en el uso de N fue altamente significativo en México y Guatemala, en tanto que en Honduras ocurrió un descenso marcado pero de una manera altamente variable.

Datos de agricultores en los EEUU muestran que la elasticidad precio de la cantidad demandada de fertilizantes nitrogenados aplicados al maíz oscila entre -1.67 y -1.87 (Williamson, 2011) de manera que la reducción en el uso de N por agricultores en los países estudiados podría verse como algo lógico si se comportasen como sus colegas estadounidenses.

Es importante hacer notar que a diferencia de la duplicación en la PPF_N, sin ganancias en productividad, observada entre 1988 y 2000 en Europa Oriental y la ex-Unión Soviética que fue asociada a una marcada reducción en uso de fertilizante nitrogenado en cereales debida a cambios políticos y económicos (Dobermann, 2005), la caída en el uso de N en El Salvador, México, y Honduras no tuvo efectos adversos en la productividad del maíz y contribuyó a la mejoría de PPF_N y BPN_N, lo que sugiere que la intensificación sostenible en la producción de maíz puede ser compatible con menores dosis de N. Sin embargo, en Costa Rica desde el 2000 el BPN_N ha estado por sobre 1.0 la mayor parte del tiempo, lo que indica un agotamiento potencial del N del suelo.

El caso de Nicaragua ilustra la importancia de las políticas gubernamentales para modular los cambios en el mercado. El Gobierno nicaragüense implementó programas de soberanía alimentaria que incluían la importación de fertilizantes desde Venezuela y su distribución a bajos precios a agricultores pobres, lo que puede explicar que las aplicaciones de N no hubieran disminuido a pesar de los mayores precios internacionales. Por otro lado, aunque Guatemala ha tenido desde el 2000 un Programa de Entrega de Fertilizantes (PEF) patrocinado por el Gobierno, con intenciones aparentemente comparables al de Nicaragua, los resultados de este trabajo sugieren que no ha sido tan efectivo como el de dicho país.

Otro factor clave en los países estudiados fueron los acuerdos regionales de libre comercio: el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) en 1994 entre EEUU, Canadá, y México, y el Tratado de Libre Comercio de América Central (TLCAC) en 2004 que incluye a los EEUU, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, y Nicaragua. En el caso de México la implementación del TLCAN trajo consigo una disminución sostenida en el área cosechada con maíz (Figura 3) que resultó en que una mayor proporción del cultivo pasó a cultivarse en mejores suelos, bajo riego y sistemas de manejo más modernos en las áreas maiceras de Chihuahua, la costa de Sinaloa, Chiapas, y la mayoría de Michoacán y Guanajuato. Estos cambios han contribuido a los aumentos en los rendimientos de maíz observados (Zahniser y Crago, 2009; Bellon y Hellin, 2011; Ray et al., 2013). Es posible que cambios similares hayan ocurrido en El Salvador y Honduras, mientras que en Guatemala los cambios en uso de la tierra parecen haber favorecido el uso de mejores tierras para cultivos como la caña de azúcar, en vez del maíz. Por consiguiente, en tanto que el área maicera en Guatemala se ha expandido a tierras marginales su productividad no ha mejorado.

Conclusiones

Este primer reporte sobre la eficiencia de uso de N en maíz a nivel nacional en México, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, y Costa Rica muestra resultados que difieren de los esperados a partir de la literatura publicada. Entre 1990 y 2010, los valores de PPF_N y BPN_N mejoraron en México, El Salvador, Honduras, y Costa Rica debido a aumentos en los rendimientos de maíz y reducciones en el uso de N, algo que se consideraba posible sólo en agriculturas desarrolladas.

Las mejorías en la productividad del maíz fueron resultados de inversiones de muchos años en investigación y extensión de mejores tecnologías, y en el caso de México también de desplazamientos del cultivo del maíz hacia mejores tierras y sistemas de manejo, como consecuencia del TLCAN.
Las reducciones en el uso de N por los agricultores parecen haber sido desencadenadas por los aumentos en los precios internacionales de fertilizantes nitrogenados, aunque esta influencia fue modulada por políticas de subsidios en algunos países, especialmente en Nicaragua. Este estudio realza la importancia del análisis de influencias de aspectos políticos y macroeconómicos sobre la eficiencia de uso de nutrientes, las que frecuentemente se dejan de lado cuando se privilegian los aspectos tecnológicos.

Referencias

Asociación de Investigación y Estudios Sociales (ASIES). 2012. Methodologies applied in the Program of Fertilizer Delivery in Guatemala 2000-2012; ASIES: Guatemala City, Guatemala; 12 pp.

Bellon, M. R. and J. Hellin. 2011. Planting Hybrids, Keeping Landraces: Agricultural Modernization and Tradition Among Small-Scale Maize Farmers in Chiapas, Mexico. World Development, 39, 1434-1443.

Cassman, K.G., A. Dobermann, and D.T. Walters. 2002. Agroecosystems, Nitrogen-use Efficiency, and Nitrogen Management. AMBIO, 31, 132-140.

Dobermann, A. R. 2005. Nitrogen Use Efficiency – State of the Art; University of Nebraska – Lincoln, Agronomy & Horticulture: Lincoln, Nebraska, USA; Faculty Publications, Paper 316, 16 pp. http://digitalcommons.unl.edu/agronomyfacpub/316

Dobermann, A. 2007. Nutrient use efficiency – measurement and management. In International Fertilizer Industry Association (IFA) International Workshop on Fertilizer Best Management Practices, Brussels, Belgium, 7-9 March, 2007; International Fertilizer Industry Association (IFA): Paris, France.

FAOSTAT. 2015. Available online: http://faostat3.fao.org/home/index.html (accessed on 1 May 2015).

Fixen, P.E., F. Brentrup, T.W. Bruulsema, F. Garcia, R. Norton, and S. Zingore. 2015. Nutrient/fertilizer use efficiency: Measurement, current situation and trends. In Managing Water and Fertilizer for Sustainable Agricultural Intensification; Dreshsel, P., Heffer, P., Magen, H., Mikkelsen, R., Wichelns, D. Eds.; International Fertilizer Industry Association (IFA), International Water Management Institute (IWMI), International Plant Nutrition Institute (IPNI), International Potash Institute (IPI).: Paris, France.

Index Mundi. 2015. Urea Monthly Price - US Dollars per Metric Ton. Available online: http://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=urea&months=300 (accessed on 1 March 2015).

IPNI. 2015. Estimates of Nutrient Uptake and Removal. Available online: http://www.ipni.net/article/IPNI-3296 (accessed on 26 March 2015).

Novoa, R. and R. Loomis. 1981. Nitrogen and plant production. Plant Soil, 58, 177-204.

Ray, D.K., N.D. Mueller, P.C. West, and J.A. Foley. 2013. Yield Trends Are Insufficient to Double Global Crop Production by 2050. PLoS ONE, e66428.

Rosas, F. 2012. Fertilizer Use by Crop at the Country Level (1990–2010); Center for Agricultural and Rural Development Iowa State University: Ames, Iowa, USA; Working Paper 12-WP 535. 16 pp.

Williamson, J.M. 2011. The Role of Information and Prices in the Nitrogen Fertilizer Management Decision: New Evidence from the Agricultural Resource Management Survey. JARE, 36, 552-572,

Zahniser, S. and Z. Crago. 2009. NAFTA at 15: Building on Free Trade; USDA ERS: Washington, DC, USA; 57 pp.

USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES: ¿MODELO O PRINCIPIO?

Rosas-Calleja, D.[1*]

[1]**Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba. Veracruz. México**

*Autor para correspondencia: drosasc@colpos.mx. Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348. Congregación Manuel León. Amatlán de los Reyes, Veracruz. México. CP 94946; Tel. +52 271 716 60 55 – 6 60 57.

Resumen

Uno de los grandes retos de la agricultura en el futuro inmediato es proveer de alimentos a la humanidad y a otros seres vivos. El conocimiento científico generado, debe ser el gran aliado para que con base en los principios establecidos en las diferentes áreas de estudio de la agronomía, se logre el uso eficiente de los fertilizantes. Los principios deben ser la base para la generación de modelos que prueben ser los adecuados para garantizar una eficiencia de los fertilizantes aplicados, así como de los nutrientes suministrados en esos fertilizantes. Para logar rendimientos exitosos que garanticen el abasto de alimentos es necesario que entre otros factores se haga una nutrición vegetal adecuada y balanceada. El suministro de nutrientes y el uso eficiente de los mismos deben considerar el fertilizante adecuado, en la cantidad necesaria, en el momento adecuado y en el sitio específico. Las experiencias en el uso de los principios aquí citados, muestran que es la ruta a seguir para lograr el incremento de rendimientos en la actualidad, y serán también la garantía de éxito en los genotipos que a futuro han de ser establecidos. En conclusión necesitamos considerar el realizar las prácticas agronómicas de la forma correcta, y de ser posible y se dan las condiciones necesarias recurrir a modelos de predicción.

Palabras clave

Fertilización; rendimiento; uso eficiente de nutrientes; nutrición vegetal

Abstract

One of the great challenger in incipient future of agriculture is provide of food to humanity and other form of life. The generated science knowing must be the great ally with academic principles in the different discipline of agronomy studies, to obtain fertilizers use efficiency. The principles must be the base to generate models that probe the most adequate to guaranteed the efficiency of fertilizer application as well as the nutriments supplied in the fertilizers. To obtain successful yields to guarantee the supply of food is necessary like others factors to made plant nutrition balanced and adequate. The nutrient supply and the efficiency of them could considered the adequate fertilizer, the adequate doses, the adequate time and the specific place. The experiences el the use of these principles explained before show it that is the way to obtain the increased of yields actually and will be the guaranty of successful in the plant genotype that will be sowing in the future. In conclusions we need considered make agronomy practices in right form and it is possible, we can use the predictions models in adequate conditions.

Key words
Fertilization; yields**;** nutrient efficiency use; mineral nutrition.

Introducción

Una de las situaciones a resolver en el futuro inmediato por parte de la humanidad es como alimentar a una población cada vez en aumento. Es importante considerar si esto obedece a un problema de producción de alimentos, o bien el gran problema es la distribución de los mismos entre la humanidad. Para el caso de quienes están a favor de la primera situación, consideran que se debe incrementar la producción de alimentos. Una de las herramientas a usar es el incremento de rendimientos de los cultivos, esto lleva a que para obtener esos mayores rendimientos, se debe recurrir al uso de más y mejores fertilizantes entre algunos otros factores propios de la producción agrícola.
Considerando el caso de un incremento en el uso de fertilizantes, FAO (2016) estima que para 2018 habrá un incremento de un 25% más con respecto a 2008 en lo que a consumo de fertilizantes a nivel mundial se refiere, con lo que se superarían los 200 millones de toneladas de fertilizantes. Por su parte, las estadísticas del Banco Mundial (2016) dan información de que hasta 2013 a nivel mundial se consumían en promedio 120 kg de fertilizante por hectárea cultivable (Cuadro 1), es muy interesante cuando se observan los datos generados por cada país, en tanto en algunos va a la alza dicho consumo, en otros por lo contrario. Esta disminución en el consumo vale la pena indagar más allá de los simples números a las causas que están reflejando este comportamiento, puede ser menos superficie cultivable, pero bien puede ser un reflejo de la conciencia del buen uso de los fertilizantes haciendo aplicaciones racionales.

Cuadro 1. Resumen de consumo de fertilizantes (kg por hectárea de tierra cultivable) a nivel mundial y en algunos países en el 2002 y 2013 (Con datos de Banco Mundial 2016)

País	Consumo de fertilizante (kg)	
	2002	2013
Mundo	99	120
México	65	79
Estados Unidos	112	132
Chile	308	579
España	164	139
Israel	252	269
Colombia	309	648
china	287	364
Japón	333	257
Reino Unido	319	247
Alemania	220	204

La solución que decida emplear la humanidad para enfrentar esta situación, deberá estar sustentada en evaluar cada una de las posibles opciones que tiene. El dilema es si debe producir y usar más fertilizantes, o bien recurrir a buscar alternativas que propicien el uso racional de los fertilizantes, pero sobre todo a buscar alternativas que estén dirigidas a hacer crecer la eficiencia de los fertilizantes que se aplican. Para poder llevar a cabo esta labor, cuenta con un gran respaldo en el conocimiento de la fisiología y la nutrición vegetal, lo cual establece los principios para la producción de alimentos. Por otro lado, se han generado también modelos de producción y en particular de la fertilización para obtener más altos rendimientos. Los científicos deben continuar con esta labor de trabajar con base en los principios de la nutrición vegetal y apoyada en las otras ciencias que involucren el buen uso de los fertilizantes.

Principios y Modelos

Principio, es algo establecido y que es observable bajo cualquier situación en cualquier parte. Es así que tenemos leyes establecidas como la del Mínimo de Liebig, eso es algo que no cambia bajo cualquier situación. Por otro lado, un modelo es algo que será observable cuando se cumplan cada una de las condicionantes que involucran el proceso y procedimiento del modelo, si falta o se altera alguno de los componentes, el modelo no podrá funcionar. En agronomía se tienen muchos modelos que son usados en las diferentes áreas de la producción de alimentos. La nutrición de los cultivos y el uso de los fertilizantes no son ajenos a esta herramienta y uno puede encontrar en la literatura diferentes modelos para la aplicación de fertilizantes y con ello obtener altos rendimientos.
Al día de hoy se conocen los principios establecidos en las obras clásicas de nutrición vegetal de Mengel y Kirby, la fisiología vegetal de Bidwell y otros más, respecto a que elementos son necesarios para la nutrición vegetal así como la forma iónica preferente de los nutrientes para ser absorbidas por las plantas, así como lo que concierne a la forma, tiempo, fuente y cuanto fertilizante aplicar a los cultivos. Por lo tanto es necesario revisar y atender con mucha prudencia y dedicación la fertilización de los cultivos.

Uso eficiente de fertilizantes

La atención sobre la eficiencia de los fertilizantes se ha centrado a partir de los costos de adquisición y aplicación, los cuales son altos al hacer los balances económicos de un sistema de producción de cultivos. Aunado a lo anterior se suma la tendencia medio ambiental de preservación del recurso agua principalmente, y por otro lado un fenómeno socio-ambiental en satanizar por completo el uso de fertilizantes porque los beneficios son pocos comparados a los prejuicios que provocan y se busca favorecer una agricultura libre del uso de plaguicidas.
De acuerdo con el diccionario de la Lengua Española (RAE 2016), la definición de eficiencia es: capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado. Luego entonces bajo nuestro contexto de estudio, debemos aprovechar al máximo la capacidad de aporte nutricional de los fertilizantes para que estén disponibles para las plantas y lograr altos rendimientos. El uso eficiente de fertilizantes es definido como que tan bien usan los nutrientes las plantas o un sistema de producción agrícola, y puede estar basada en el rendimiento, la recuperación o la remoción de nutrientes por un cultivo. Sin embargo, las definiciones están supeditadas o condicionadas a si la recuperación está referida a la cubierta vegetal, a una planta, o solo a la porción cosechada (fruta, hojas, raíces, etc.). La eficiencia de recuperación es definida como la cantidad de nutriente en el cultivo en relación a la cantidad aplicada o disponible (Bruulsema *et al.*, 2004)
La importancia de la eficiencia de los fertilizantes está sustentada en maximizar los beneficios económicos, lograr y mantener una seguridad alimentaria y la preservación de los recursos naturales involucrados en este sistema. En lo que respecta a beneficios económicos, es muy bien conocido el hecho de que los costos de adquisición de los fertilizantes es un rubro de mucha inversión en lo que a producción de cultivos se refieren. Desde el punto de vista económico es necesario considerar el costo por kilogramo de nutriente aplicado, y la recuperación del mismo. La seguridad alimentaria es un tema con muchas vertientes a considerar, pero en el contexto que nos ocupa es como hacer que los rendimientos sean cada vez más altos y con ello garantizar el abasto de alimentos para esta humanidad que crece exponencialmente cada día, y no perdiendo de vista la conservación de los preciados recursos naturales que se usan. Por otro lado, está la parte de conservación del ambiente, y es aquí donde desafortunadamente existen puntos en contra para los sistemas de producción agrícola. Considerando solo el aspecto de la fertilización, el mal uso y abuso de fertilizantes sobre todo

nitrogenados, ha llevado a la contaminación de cuerpos de agua con su consecuente efecto negativo. En los inicios de este nuevo siglo Dibb (2000) reflexiona sobre la forma en que se consideran de manera aislada los factores que están presentes en el uso eficiente de los nutrientes, por lo que señala y establece que el uso eficiente de los nutrientes, el uso eficiente del suelo, el uso eficiente de los recursos económicos y su viabilidad y recuperación, así como la protección ambiental, son los componentes que determinan y definen la sostenibilidad y sustentabilidad de los sistemas agrícolas.
Por su parte Fixen (2009) hace referencia a lo establecido por otros científicos hace más de 2 décadas, y esto es que la eficiencia de un fertilizante está íntimamente ligado a lo que se propone como mejores prácticas de manejo, y que implica usar el fertilizante adecuado (fuente), en la cantidad adecuada (dosis), en el sitio adecuado (localización) y en el momento adecuado (época), a todo esto se le considera los pilares fundamentales para lograr un uso eficiente de fertilizantes. Esto es lo que podemos considerar como principios establecidos en el manejo de los fertilizantes y pilares para la nutrición vegetal que son propuestos por Bruulsema *et al*, (2008) y se mencionan a continuación en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Principios relevantes y específicos en el sistema de mejores prácticas de manejo. (Adaptado de Bruulsema *et al.*, 2008)

Fuente	Dosis	Época	Localización
Aplicar los nutrientes en formas disponibles para las plantas	Usar métodos adecuados para determinar el suministro de nutrientes	Determinar la época de absorción del cultivo	Identificar la dinámica raíz – suelo
Considerar las propiedades físicas y químicas del suelo	Determinar todas las fuentes nativas del suelo disponibles para las plantas	Determinar la dinámica de aporte de nutrientes al suelo	Considerar la variabilidad espacial entre parcelas y zonas
Reconocer los sinergismos entre nutrientes y fuentes	Determinar la demanda de nutrientes por el cultivo	Reconocer el efecto de factores climáticos en las pérdidas de nutrientes	Considerar las necesidades de los sistemas de labranza del cultivo
Conocer la compatibilidad de las mezclas fertilizantes	Predecir la eficiencia de los fertilizantes	Evaluar la logística de las operaciones de campo	Limitar el potencial de pérdida de nutrientes fuera del campo de cultivo
Reconocer los beneficios y sensibilidades de otros elementos	Considerar los impactos en el recurso suelo		
Controlar los efectos de los elementos no nutritivos	Considerar el aspecto económico del uso de la dosis determinada		

La puesta en práctica de estos principios en las mejores prácticas de manejo ha dado buenos resultados como lo reportado por Xu *et al*, (2016) al trabajar bajo el concepto de Sistema Experto de Nutrientes, quienes concluyen que la integración de las estrategias de manejo nutricional apropiadas con las prácticas de manejo agronómico son la clave para incrementar la productividad, que sea rentable y

con un manejo del cultivo amigable al ambiente. Por otro lado, el uso de modelos para la fertilización, han sido también de éxito en el manejo eficiente de los fertilizantes, sobre todo por considerar de manera pertinente los principios establecidos, es así que Tabi *et al,* (2008) reportan el uso del modelo de Evaluación Cuantitativa de la Fertilidad de Suelos Tropicales (QUEFTS por su siglas en inglés) de Jansen *et al,* (1990). De acuerdo con su experiencia en el cultivo de maíz en la región norte de Nigeria, concluyen que este modelo es una herramienta muy útil para las predicciones de rendimiento con base en la eficiencia de los nutrientes aplicados a través de los fertilizantes.

Cuando se trata de la eficiencia de un nutriente en particular, la definición se reajusta. Quizá uno de los nutrientes más estudiados en esta situación es el nitrógeno. Luego entonces, en el caso del N de acuerdo con Cassman *et al,* (2002), la ER se define como el porcentaje del nutriente recuperado en la biomasa de la planta que se encuentra establecido durante el ciclo de producción. Algo importante de considerar para el caso de este nutriente es que esta ER está considerada solo en un periodo de tiempo corto o en un solo ciclo de producción, esto está muy ligado a la naturaleza propia de N inorgánico que está sujeto a su potencial de volatilización, lixiviación e incluso la denitrificación. Las experiencias en el uso eficiente de fertilizantes nitrogenados han sido por demás documentadas en lo que respecta a evitar un efecto negativo en el ambiente, por ejemplo la producción de maíz en suelos arenosos y con altas precipitaciones que tienen un alto riesgo de generar contaminación por la lixiviación de compuestos nitrogenados entre otros, cuando las cantidades de fertilizante no son adecuadas, y sobre todo en las primeras etapas de crecimiento del cultivo como lo reportan Sitthaphanit *et al,* (2009)

Conclusiones

El costo de los fertilizantes en el sistema de producción agrícola ocupa un importante rubro, por lo que es necesario incrementar la relación beneficio costo de este insumo para poder ser rentable.

La fertilización hecha bajo las premisas de fuente, dosis, época y forma de aplicación, son garantía de tener una eficiencia de los fertilizantes, y no solo de estos insumos de la producción; sino de todo el sistema al incrementar los rendimientos, ser cultivos rentables y también en pro de la preservación del ambiente.

La eficiencia de los fertilizantes y la eficiencia de los nutrientes son herramientas muy útiles que a través de las practicas agronómicas adecuadas, harán que hagamos un mejor uso de los fertilizantes por lo que es necesaria la capacitación y recomendación de una fertilización racional a los asesores, proveedores y sobre todo a los productores.

Bibliografía

Banco Mundial 2016. Consumo de fertilizantes. *In*: http://datos.bancomundial.org/indicador/AG.CON.FERT.ZS?end=2013&start=2002&view=chart&year_high_desc=true (Consultado el 9 de mayo de 2016).

Bruulsema T.W., P. E. Fixen and C. S. Snyder. 2004. Fertilizer nutrient recovery in sustainable cropping systems. Better Crops 88(4):15-17

Bruulsema T.W., C. Witt., F. Garcia., S. Li., T.N. Rao., F. Chen and S. Ivanova. 2008. A global framework for fertilizer BMPs. Better Crops 92 (2): 13-15.

Cassman K.G., A. Dobermann and D. T. Walters. 2002. Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. Ambio 31(2):132-140

Dibb D.W. 2000. The mysteries (myths) of nutrient use efficiency. Better Crops 84(3):3-5

Food and Agriculture organization (FAO) 2016. El uso de fertilizantes sobrepasará los 200 millones de toneladas en 2018. *In*: http://www.fao.org/news/story/es/item/277654/icode/ (Consultado el 9 de mayo de 2016).

Fixen P. E. 2009. Eficiencia de uso de nutrientes en el contexto de agricultura sostenible. *In*: Espinosa J. y F. García (eds) Uso eficiente de nutrientes. International Plant Nutrition Institute.

Janssen B. H., F.C.T. Guikin., D. van der Eijk., E.M.A. Smaling., J. Wolf and H. van Reuler. 1990. A system for quantitive evaluation of the fertility of tropical soils (QUEFTS). Geoderma 46:299-318

Mengel, K and E. A. Kirby. 2001. Principles of plant nutrition. Kluwer Academic Publishers. Norwel, MA. USA.

Real Academia Española (RAE). 2016. http://dle.rae.es/?w=eficiencia (consultado el 30 de mayo de 2016)

Sittphanit S., V. Limpinuntana., B. Toomsan., s. Panchaban and R. W. Bell. 2009. Fertilizer strategies for improve nutrient efficiency on sandy soils in high rainfall regimes. Nutrient Cycling Agroecosystem 85:123-139

Tabi F.O., J. Diels., A. O. Ogunkunle., E. N. Iwuafor., B. Vanlauwe and N. Sanginga. 2008. Potential nutrient supply, nutrient utilization efficiencies, fertilizer recovery rates and maize yield in northern Nigeria. Nutrient Cycling Agroecosystem 80:161-172

Xu X., P. He., M. F. Pampolino., Y. Li., S. Liu., j. Xie., Y. Hou., and W. Zhou. 2016. Narrowing yield gaps and increasing nutrient uses efficiencies using the Nutrient Expert System for maize in Northeast China. Field Crops Research 194:75-82

Salgado García, S. y Núñez Escobar, R. 2012. Manejo de fertilizantes químicos y orgánicos. Ed. Biblioteca Básica de Agricultura (BBA). Guadalajara, Jal. Méx. 146 p.

Westerman, R. L. 1990. Soil testing and plant analysis. 3a Ed. Soil Science Society of America, Madison, Wi. 172 p.

EFICIENCIA DE FERTILIZACIÓN: ESTUDIO DE CASOS EN EL CULTIVO DE AGUACATE EN MICHOACÁN

Hernández-Valdés, E.F.[1*]. Pérez-Sánchez, R.E.[1] y García-Saucedo, P.A.[1]
[1]Profesor Investigador, Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez", U.M.S.N.H. Uruapan, Michoacán, México.

*Autor para correspondencia: efhvaldes@yahoo.com. Paseo Lázaro Cárdenas y Berlín S/N. Col. Viveros. CP 60170. Uruapan, Michoacán, México. (452) 523 64 74.

Resumen
El cultivo de aguacate en el Estado de Michoacán, México ha expandido de manera vertiginosa la superficie plantada. Esto ha provocado un aumento en el consumo de materiales fertilizantes que son aplicados para nutrir los árboles. Sin embargo, cuando los fertilizantes son llevados al suelo, no todo es aprovechado por las plantas, sino que existen pérdidas de los materiales, lo cual genera una disminución de la eficiencia de fertilización. En este documento, se muestran tres estudios de casos donde se evaluaron las pérdidas por lixiviación y volatilización de nitrógeno en huertos de aguacate, como factores que impactan en daños ambientales y menos cantidad de nutrimentos disponibles para el cultivo.

Palabras clave
Fertilizante, Nitrógeno, Lixiviación, Volatilización.

Abstract

Avocado cultivation in the State of Michoacan, Mexico has expanded precipitously plantings. This has caused an increase in fertilizer consumption materials that are applied to nurture the trees. However, when fertilizers are applied to soil, everything is not used by plants, but there are losses of materials, which leads to a decrease in the efficiency of fertilization. In this paper, three case studies where leaching and volatilization losses of nitrogen in avocado orchards were evaluated, as factors that impact environmental damage and less amount of nutrients available to the crop.

Key words

Fertilizer, Nitrogen, Leaching, Volatilization.

Introducción
En la actualidad, el cultivo de Aguacate en el estado de Michoacán, Mex. representa el 41% de la producción agrícola estatal, con un valor productivo del orden de los 18 mil 868 millones de pesos anuales. Los registros en el Estado para 2016, respecto a superficie cultivada con este frutal, se sitúan en 140 mil ha con una producción de 1.1 millones de toneladas, siendo la Entidad que aporta el 85 % del volumen del país (Rodríguez, 2016). Dada la importancia que se ha generado con la producción de esta fruta, no sólo en el Estado de Michoacán sino a nivel nacional, día con día la superficie sigue en crecimiento expandiéndose a otros Estados del País.

En la producción agrícola, incluyendo al aguacate, parte del manejo convencional en la búsqueda de mejores cosechas se involucra la aplicación de fertilizantes de síntesis química, con la finalidad de aportar los nutrimentos requeridos por el cultivo. Sin embargo, en las incorporaciones de estos materiales, los árboles no recuperan todo el fertilizantes que se les agrega (Etchevers, *et al*, 1991). Cuando el fertilizante es aplicado al suelo, puede tener diferentes vías, entre las que se encuentran procesos de absorción por el cultivo, fijación en el suelo, lixiviación, volatilización, inmovilización, etc. Fue por ello que se acuñó el término de "Eficiencia de fertilización", como la fracción de la dosis del nutrimento aplicado que es recuperada por el cultivo (Rodríguez 1993).

En el presente documento, se hace énfasis en la eficiencia de fertilización y condiciones que se presentan en la región productora de aguacate en el Estado de Michoacán, Mex., mismos que han repercutido en un impacto ambiental.

Muestras de agua analizadas en la zona aguacatera provenientes de pozos profundos a 200 m han arrojado resultados de conductividades eléctricas de 413 µS cm^{-1}, clasificándose como C2-S1 (Agua de salinidad media y baja en sodio). Llama la atención el hecho de que la concentración de nitratos (NO_3^-) se eleve a niveles de 84.57 mg L^{-1}. Otra muestra de agua, tomada también de la región mencionada tuvo valores de conductividad eléctrica de 844 µS cm^{-1}, clasificada como C3-S1 (Agua altamente salina y baja en sodio). En esta agua los niveles de NO_3^- fueron de 227.09 mg L^{-1}. De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA-1194, los valores máximos permisibles en agua de consumo humano para NO_3^- es no mas de 10 mg L^{-1}. El efecto nocivo en la salud humana por el consumo de agua con presencia de NO_3^- es descrita por Bruning y Kaneene (1993).

Las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados en las partes altas, donde se tienen las condiciones para una elevada lixiviación (Precipitación > 1,500 mm, suelo arenoso, alta porosidad y conducción hidráulica), pueden ser las causantes de la elevación de las concentraciones de NO_3^- en aguas subterráneas. Para revisar la velocidad con la que se pueden mover los nitratos en los suelos de la franja aguacatera de Michoacán, se realizó una evaluación en un huerto de aguacate situado en las coordenadas 19º 26' 54'' N y 102º 04' 33''O a una altura de 1828 msnm, en las cercanías a la ciudad de Uruapan, Mich. En el predio se seleccionaron tres árboles representativos del huerto, en el área bajo la copa se marcó un metro cuadrado y se calculó la dosis de nitrógeno correspondiente a 150 kg N ha^{-1}. Se utilizó como fuente de fertilizante Fosfonitrato (33-3-0), mismo que aportó la mitad del nitrógeno en forma amoniacal y la otra parte en forma nítrica. Dentro del área marcada, se instalaron sondas de succión a una profundidad de 30, 60 y 90 cm, y se realizaron extracciones de la solución del suelo de manera periódica, iniciando cada tercer día para luego de que el temporal de lluvias terminó se hicieron cada semana. Las muestras fueron llevadas al laboratorio para la cuantificación de nitratos por el método de Cataldo (Alcántar y Sandoval,1999) y amonio por el método Nessler (Dorich y Nelson, 1983). Se contabilizó la precipitación con la instalación de un pluviómetro en el huerto.

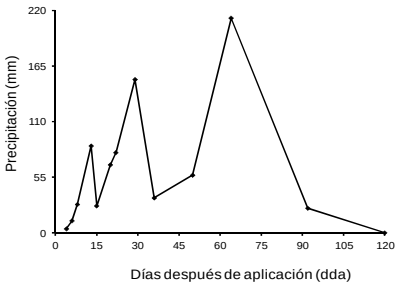


Figura 1. Precipitación pluvial registrada en un huerto de aguacate durante la evaluación de lixiviación de nitratos y amonio en Uruapan, Mich. (2011)

En la figura 1, se pude observar la precipitación pluvial cuantificada a lo largo del estudio. Es importante resaltar que el temporal de lluvias en la franja aguacatera de Michoacán se inicia en el mes de Mayo o Junio, sin embargo la evaluación comenzó en Agosto hasta Noviembre. Se puede observar que en los primeros 10 días del mes se tuvo un pico interesante de precipitación, seguido de otro al final del mes a los 30 días después de aplicación (dda) y finalmente el punto mas fuerte de precipitación a finales del mes de septiembre (60 dda). Durante el periodo de evaluación se tuvo un total de 784 mm de precipitación.

Después de 15 dda y 157 mm de precipitación, se detectó la concentración mas alta de NO_3^- en los primeros 30 cm de profundidad (Figura 1A). Es coincidente el pico de precipitación a los 10 días seguido con la máxima concentración de NO_3^- a los 30 cm, lo cual indica el movimiento del ión a esta capa, donde se encuentra la mayor cantidad de raíces absorbentes de este frutal. Luego de 29 dda y 455 mm de precipitación, la concentración de NO_3^- en la profundidad de 60 cm alcanzó su máxima lectura (Figura 1B). También se encontró coincidencia entre el segundo pico de precipitación a los 30 dda y la máxima lectura, lo cual muestra el movimiento de los NO_3^- a esta capa. Finalmente, se necesitaron 64 dda y 760 mm de precipitación para alcanzar la concentración mas elevada de NO_3^- a los 90 cm de profundidad (Figura 2C), de igual manera, se encuentra congruencia entre el tercer pico de precipitación a los 60 dda con el movimiento del ión a esta profundidad. En la Figura 2 se denota claramente cuando la concentración de NO_3^- en los primeros 30 cm disminuye, se incrementa la concentración a los 60 cm, mostrando su movimiento a capas mas profundas, y así mismo sucede con el descenso de concentración a los 60 cm e incremento a los 90 cm, quedando fuera del alcance de las raíces y contribuyendo a la lixiviación y contaminación de mantos acuíferos. La concentración de amonio en las soluciones extraídas fueron despreciables (<9 mg L^{-1}).

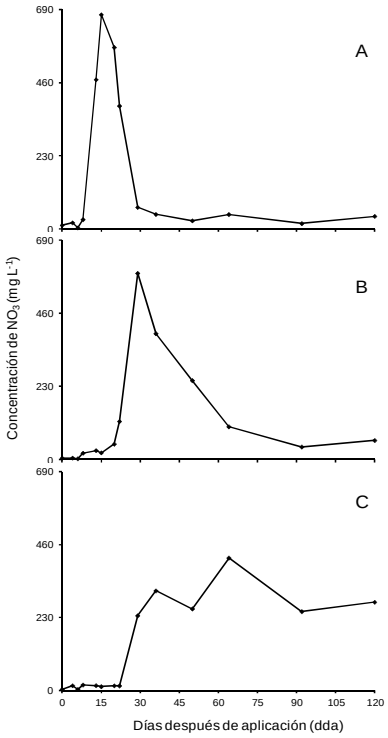


Figura 2. Concentración de nitratos en la solución del suelo a una profundidad de 30 (A), 60 (B) y 90 (C) cm de profundidad.

En otro huerto situado en las coordenadas 19º 22' 50'' N y 101º 51' 24''O, y 1560 msnm, la lixiviación de NO_3^- puede verse reflejada en los análisis de agua del pozo profundo utilizado para el suministro del líquido a la parcela. A partir del 15 de diciembre del 2015 se comenzó a monitorear la calidad del agua, encontrando valores de conductividad eléctrica de 302 µS cm^{-1}. Sin embargo, a medida que el tiempo va avanzando se presenta un aumento de la concentración de sales, alcanzando niveles de 1646 µS cm^{-1} en el mes de abril. Después de ahí, los niveles de salinidad vuelven a disminuir para el mes de agosto (Figura 3A). Este aumento de la conductividad eléctrica, coinciden con el periodo de sequía en la región (Figura 3B), lo que podría estar provocando una efecto de concentración de sales en el agua, y a medida que se inicia el periodo de lluvias en los meses de mayo y junio, la concentración de sales disueltas en el agua comienza a disminuir. Al revisar la concentración de NO_3^- en el agua del pozo, se puede que en el periodo de sequía de abril y mayo, la concentración del ión disminuye, sin embargo el inicio de las lluvias en Junio y junto con las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados que se hacen en esas épocas, la concentración de NO_3^- comenzó a incrementarse, denotando el fenómeno de lixiviación (Figura 3C). Se esperaba que el aumento en la conductividad eléctrica fuera de la mano con la acumulación de NO_3^-, sin embargo en la Figura 3D y E, se puede ver que el aumento de sales

disueltas es atribuida a la concentración de Cloruros (Cl^-) y Sodio (Na^+), respectivamente.

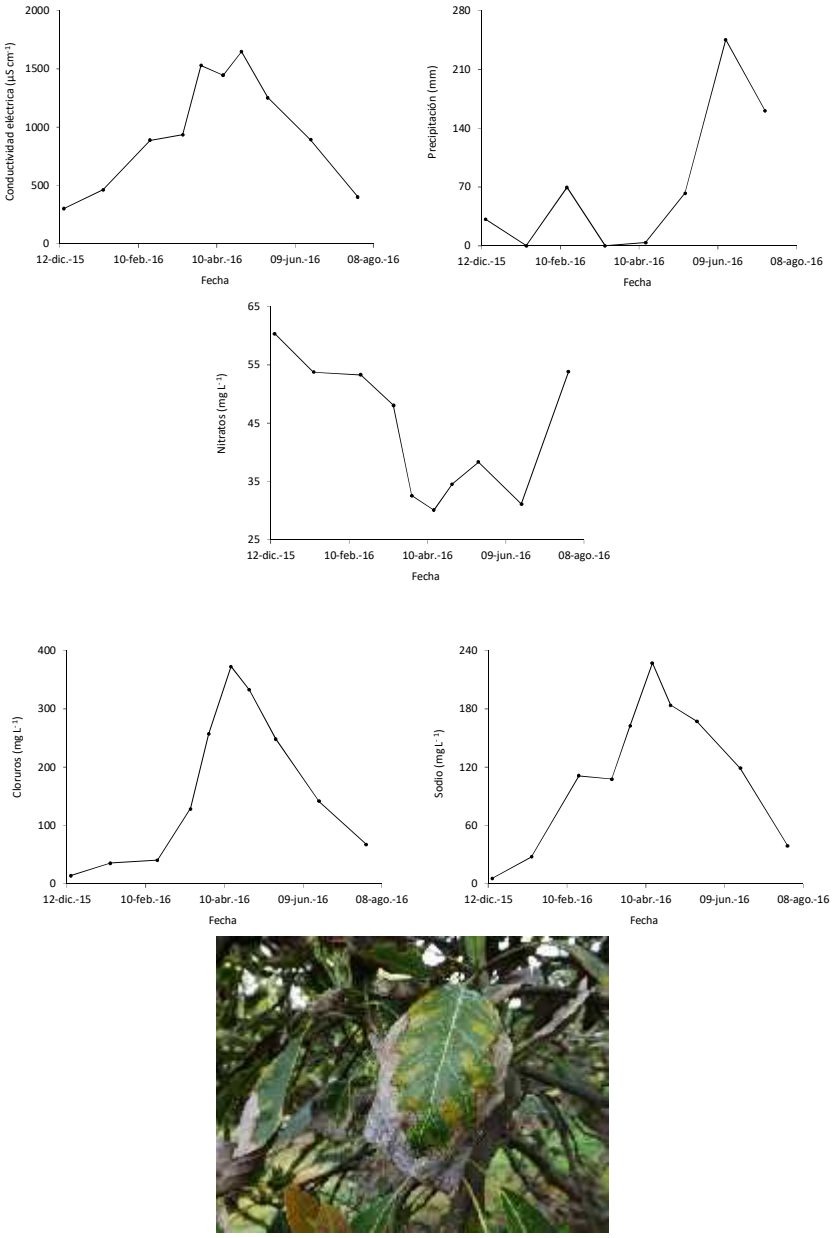


Figura 3. Comportamiento de la conductividad eléctrica (A) de un agua de pozo profundo en el municipio de Taretan, Mich. Precipitación mensual presentada durante finales de 2015 y mediados del 2016 en el mismo municipio (B). Concentración de nitratos (C), cloruros (D) y sodio (E) en el agua de pozo profundo a través de un ciclo de riego. Daños ocasionados en plantas de aguacate por acumulación de sales en el suelo (F).

En este huerto, se programó durante el año 2014 una fertilización cada semana, con cargas fuertes de fertilizante acompañados de riegos durante el periodo de enero a mayo. Sin embargo, el no conocer las características del agua en estos meses, mas la carga de fertilizantes, provocaron daños por salinidad con quemaduras características en tejido foliar (Figura 3F), seguido de defoliación y caída de fruto. El análisis de la conductividad eléctrica en las sondas de succión en el suelo a 60 cm, mostraron valores de > 5.0 dS m^{-1}.

Todo esto muestra la presencia de lixiviaciones de NO_3^- una vez que se inicia el periodo de lluvias, lo que provoca las salidas del ión del suelo y que las plantas puedan aprovecharlo. Por otro lado, el desconocimiento de las características del agua con el cual se realizan los riegos, acompañados de fertilización, pueden mas que traer beneficios ocasionar daños en el cultivo, disminuyendo las posibilidades de recuperación de los fertilizantes por golpes salinos, o mismos antagonismos iónicos.

Bar *et al* (1987), reconocen el efecto antagónico entre los Cl^- y los NO_3^-. Por lo tanto, la aplicación continua del ión Cl^- a través de sistemas de riego, puede provocar su acumulación en el suelo y disminuir la eficiencia de los NO_3^- incorporados a través de fertilizantes. En la sonda de succión se analizó la conductividad eléctrica de la solución del suelo en Mayo del 2014, y se encontraron índices de 5.82 dS m^{-1}. Además, se contabilizaron los niveles de Cl^- alcanzando los 865 mg L^{-1}, cuando el valor de referencia indica que debería estar < 53 mg L^{-1}. Para el Na, los valores encontrados en la solución del suelo fueron de 357 mg L^{-1}, sobrepasando los valores de referencia que son < 30 mg L^{-1}. Shukla y Mukhi (1977) reconocen que la presencia Na provoca la disminución en la toma de K y Ca. Cuando el Na se acumula en el suelo por su aplicación en el agua de riego, también puede disminuir la eficiencia de la fertilización con K y Ca.

Otro huerto de aguacate ubicado en las coordenadas 19º 24' 51'' N y 102º 00' 11'' O con altitud de 1632 msnm, se realizó una evaluación para cuantificar el potencial de pérdidas por volatilización de amoniaco, utilizando tres fuentes de fertilizantes (Nitrato de calcio, Urea y Urea de lenta liberación). Bajo la copa de árboles de 30 años, se marcó un metro cuadrado en el cual se aplicaron los fertilizantes en correspondencia a una dosis de 150 kg N ha^{-1}. Se utilizaron trampas de amoniaco, con una solución de ácido bórico 4%, donde seguido se analizaba el contenido de NH_4^+ capturado por el método Nessler (Dorich y Nelson, 1983). De los tratamientos aplicados, la urea fue el tratamiento que mayor cantidad de amoniaco volatilizó, siendo después de siete días de la aplicación de los fertilizantes, los momentos de máxima pérdida (Figura 4). En la tercera aplicación de fertilizantes, la volatilización fue menor, fenómeno posiblemente debido al paso de un huracán cerca de las costas de Michoacán, que provocaron la reducción de pérdidas de fertilizante por esta vía. El fertilizante de lenta liberación, fue aplicado sólo en una ocasión al inicio del tratamiento, y si presentó menor cantidad de volatilización respecto a la Urea común, y su tendencia fue a disminuir las pérdidas al paso del tiempo. Nitrato de calcio no presentó pérdidas por esta vía. El amoniaco (NH3) enviado a la atmósfera en forma de gas, es reconocido como un gas de efecto invernadero (Kuhn y Atreya, 1979).

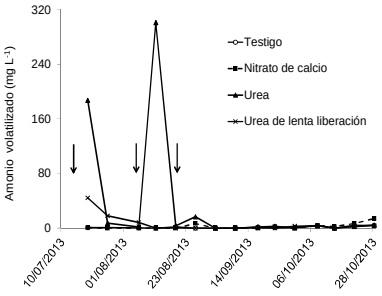


Figura 4. Amonio volatilizado en la evaluación de tres fuentes de fertilizante nitrogenado aplicado en un huerto de aguacate en Michocán.

Conclusiones

Las pérdidas de fertilizantes nitrogenados aplicados en la franja aguacatera de Michoacán, México, actualmente muestran impactos de relevancia en el medio ambiente. Es importante que en la búsqueda de aumentar la eficiencia de fertilización y disminuir daños ecológicos, se busquen alternativas y se lleven acciones concretas que permitan mayor rentabilidad en el cultivo con menor impacto.

Bibliografía

Alcántar G., G. y M. Sandoval V. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación Especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, estado de México.

Bar, Y., U. Kafkafi and E. Lahav. 1987. Nitrate nutrition as a tool to reduce chloride toxicity in avocado. South Afr. Avo. Grow. Assoc. Yrbk. 10:47-48.

Bruning, C.S. and J.B. Kaneene. 1993. The effects of nitrate, nitrite and N-nitroso compunds on human health: a review. Veterinay and Human Toxicology. 35(6):521-538.

Dorich, R.A. and D.W. Nelson. 1983. Direct colorimetric measurement of ammonium in potassium chloride extracts of soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 47(4):833-836.

Kuh, W.R. and S.K. Atreya. 1979. Ammonia photolysis and the greenhouse effect in the primordial atmosphere of the earth. Icarus. 37(1):207-213.

Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA-1994. Salud ambiental, agua para uso y consumo humano – límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

Rodríguez S., J. 1993. La fertilización de los cultivos: Un método racional. Colección en Agricultura. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. ANAGRA, S.A.

Rodríguez, J. 2016. Prevee SAGARPA Michoacán que el aguacate vuelva a su precio regular en tres semanas. http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/michoacan/boletines/Paginas/B0712016.aspx.

Shukla, U.C. and A.K. Mukhi. 1977. Sodium, potassium and zinc relationship in corn. Agron. J. 71(2):235-237.

Volke,V., J.D. Etchevers, A.Sanjuan y T. Silva. 1998. Modelo de balance nutrimental para la generación de recomendaciones de fertilización para cultivos. Terra. 16(1):79-91

EXPERIENCIA EN EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA Y LOS FERTILIZANTES EN FRUTALES TROPICALES E INDUSTRIALES PERENNES

Alonso-Báez, M.[1*]

[1]**C. E. Rosario Izapa-INIFAP. Tuxtla Chico, Chiapas. México.**

*Autor para correspondencia: alonso.moises@inifap.gob.mx; Kilometro 18 Carretera Tapachula-Cacahoatan. Tuxtla Chico, Chiapas. México. CP 30870; Tel. +52 01 (800) 088 2222 Ext 86412. Cel: 9621217457.

Resumen

La fertilización mineral de frutales tropicales y cultivos perennes industriales en la región Istmo-Costa y Centro del Estado de Chiapas, Pacífico Sur de México; ha sido escasa y aislada, porque una alta proporción de esta tecnología se ha importado de los países líderes en la producción comercial de los cultivos de mango, banano, rambután, mangostán, y tropicales industriales perennes como cacao, café y palma de aceite; además ésta tecnología se ha generado en otras latitudes y diferentes condiciones edafoclimáticas. La adopción local ha tenido resultados de regulares a buenos. El INIFAP ha generado información mediante ensayos exploratorios de fertilización y riego en los cultivos de maíz, mango, palma de aceite y mangostán con importantes resultados preliminares. Además, después de tres años de investigación (2017, 2008 y 2009) se determinó en 2009 los estándares nutrimentales para el mango Ataulfo del Soconusco, Chiapas; y con esta información más los aportes del suelo, mediante el método racional de la fertilización mineral se han incrementado significativamente su rendimiento y calidad.

Palabras clave

frutales; Chiapas; rendimiento

Mineral fertilization of tropical fruit trees and perennial industrial crops in the Istmo-Costa region and the State Central of Chiapas also South Pacific region of Mexico; it has been poor and isolated, because a high proportion of this technology has been imported from the leading countries in the commercial production of mango, banana, rambutan, mangosteen, and industrial tropical perennials such as cocoa, coffee and palm oil; also this technology has generated in other latitudes and different soils and climatic conditions. The local adoption that it has results that have been fair to good. INIFAP has generated information through exploratory trials of fertilization and irrigation in corn crops, mango, mangosteen oil palm with important preliminary results. In addition, after three years of research (2017, 2008 and 2009) we determined in 2009 the nutritional standards for Ataulfo mango in Soconusco, Chiapas; and, from this information with the contributions from the soil, through the rational method of mineral fertilization in this fruit, they have increased significantly his yield and quality

Key words

fruits; Chiapas; Yield

Introducción

En la Región Istmo-Costa y Centro del Estado de Chiapas, Pacífico sur de México, se cultivan los frutales tropicales: mango Ataulfo del Soconusco, Chiapas, banano, rambután, mangostán, y tropicales perennes como cacao, café y palma de aceite (SIAP, 2012; CONASPROMANGO, 2012). Cultivos sobre los que descansa la economía de esta región, donde también se suman en grandes extensiones actividades como la ganadería, cultivos básicos como maíz, frijol, soya y sorgo, principalmente. Debido en gran proporción a la naturaleza del lugar en relación con sus condiciones hídricas propias de una región subtropical y tropical (Webster y Wilson, 1998), se tiene una distribución anual de la lluvia de seis meses comprendidos de mayo a octubre, y seis meses secos de noviembre a abril. Estas condiciones ecológicas vinculadas con la idiosincrasia de la población, se concibe poca cultura en el uso del riego y sí, una cultura bien arraigada sobre el uso de los fertilizantes como factor determinante para incrementar la productividad de la tierra. Reiterando en esta premisa, inmersa en esta gran región se localiza el Soconusco, Chiapas; ubicado en las colindancias con el pacífico sur de México, limitado hacia el sur con el país vecino de Guatemala y centro del Estado, al suroeste con Oaxaca y Veracruz, y norte con Tabasco. Es aquí donde se concentra más del 90% de los frutales tropicales y cultivos perennes en Chiapas; sin embargo, el uso de los fertilizantes minerales con excepción de algunos trabajos exploratorios que realizó el INIFAP hace más 20 años, coadyuvaron a definir dosis de fertilización para los cultivos de maíz y mango principalmente (Alonso, 2001; Vázquez *et al*., 2009 y 2009). Sucesivamente, la experiencia de dosis de fertilización se ha realizado con base en experiencias traída por los asesores que los grupos organizados de productores en los diferentes frutales tropicales y cultivos perennes mencionados, quienes extrapolan la información, por ejemplo, para el mango ésta se ha traído de países con más años de producción tales como Florida, Venezuela y España (Galán, 1999), de donde es fácil advertir que las condiciones edafoclimáticas difieren de las condiciones locales. Asimismo, la fertilización de cultivos como banano, rambután y mangostan, el primero de estos, se fertiliza con fórmulas traídas de Honduras y Costa Rica; para el segundo de Costa Rica y el tercero de reciente introducción comercial en esta región, sólo se tiene experiencia en dosis con enmiendas orgánicas en su establecimiento y un año después del trasplante, la experiencia surgida en el Palmar, Veracruz, es la de aplicar dosis de 220 g por planta en cuatro aplicaciones al año de la fórmula compuesta 17-17-17. Otros productores de mangostán aplican dosis similares recomendadas en Indonesia y Malasia; países que iniciaron la producción comercial de mangostán hace más de 40 años (Rebolledo *et al.*, 2009; Díaz *et al*., 2011). En el cultivo de banano, desde los años 80´s, los empresarios en este sistema producto expresaron que no requerían de la investigación del INIFAP y, si necesitaban de tecnología para este cultivo la importarían de Centroamérica y otros países líderes en este cultivo. Con respecto a la tecnología de fertilización mineral en café y cacao, establecidos en suelos ricos en materia orgánica superior a 15%, la práctica de la fertilización mineral ha sido poco significativa; ya que se aduce que su eficiencia es mínima debido a la alta acidez de los suelos tropicales (pH) en general de 5 unidades y menor (Tiessen *et al*., 2001). En cuanto al cultivo de palma de aceite, la fertilización mineral también ha sido extrapolada de Costa Rica y Colombia con pocos resultados, esto debido a que dicha información corresponde como se sabe, a latitudes donde las condiciones edafoclmáticas difieren de las condiciones locales. Con base en esta perspectiva, el INIFAP inició recientemente (2008) a desarrollar investigación sobre el particular, cuya experiencia local ha sido mínima, debido a la discontinuidad de los proyectos e investigación en función de recursos externos, pero, la breve experiencia indica que el uso de la fertilización racional (Rodríguez, 1993; Rodríguez *et al.*, 2001) ha mostrado resultados satisfactorios. Por otra parte, en el cultivo de mango Ataulfo, como ya se mencionó, sumado a la experiencia local, se han traído consultores nacionales y extranjeros, aunado

a las empresas de fertilizantes aquí establecidas; donde los primeros sugieren fórmulas fertilizantes, cuyos resultados han sido buenos; asimismo, las empresas de fertilizantes recomiendan paquetes tecnológicos con resultados que van de regulares a buenos, aunque la producción continúa con poco incremento. Por otra parte, hasta el año 2010 no se conocían los estándares nutrimentales para del mango Ataulfo, y con este propósito, el INIFAP después de tres años consecutivos de investigación (2007, 2008 y 2009) dichos estándares fueron determinados, y actualmente las dosis de fertilización mineral en este cultivar se realizan sobre la base de estos estándares que definen la remoción de nutrimentos por kilogramo de fruta fresca (Remoción nutrimental; RN) y aunado al aporte del suelo (AS) como función del análisis químico, se iniciaron en 2011 los primeros estudios mediante el método racional de la fertilización mineral (Salazar *et al.*, 2010 y Salazar *et al*., 2012) consistente en restar de la RN el AS y dicha diferencia dividida por la eficiencia del uso de los fertilizantes aplicados [N(0.60), P(0.25) y K(0.80)] con rendimientos preliminares de buenos a muy buenos (Salazar, 2002; Mellado et al., 2011). Con relación a la práctica del fertirriego, ésta en los diferentes cultivos tropicales como mango, banano, rambután, mangostán y perennes como la palma de aceite no ha sido exitoso, debido fundamentalmente a la alta concentración de fierro en el agua de riego, propio de condiciones tropicales, problema que causa la obstrucción de goteros y micro-aspersores; sin embargo, se tiene éxito sólo con riego por aspersión convencional en todos los cultivos mencionados.

Materiales y métodos

La actividad agrícola económica del Soconusco, Chiapas., principalmente donde crecen y se desarrollan comercialmente los frutales tropicales (mango, banano, rambután y mangostán) y cultivos industriales perennes (café, cacao y palma de aceite) se lo caliza entre los paralelos 14° 32´ 15´´ y 15° 32´15´´ Latitud Norte; y los meridianos 92° 04´27´´y 93° 05´42´´ Longitud Oeste; conformado por tres estratos: la planicie de la Zona Costera (15-30 km), la Zona cafetalera y la Sierra Madre de Chiapas que se extiende paralelamente al océano pacífico, donde se alcanza la cima del volcán Tacaná a 4100 m. Éste es el punto más alto de la región Sur Sureste de México (Helbig, 1964). Esta franja económica del pacífico sur de México se extiende sobre el litoral desde el municipio de Suchiate, colindante con Guatemala hasta Mapastepec región Istmo-Costa. Aquí se conforma un núcleo húmedo sin estación seca bien definida y cálida sin estación invernal bien definida. Alrededor este núcleo y todo el resto de la región, es húmedo con invierno y primavera de condición seca y cálida sin estación invernal bien definida. En relación con la lluvia, se registra un promedio de 2660 mm y su distribución ocurre de mayo a octubre, donde se precipita 90% de la lámina total anual. Dada su ubicación y orografía, el origen de las lluvias son de tipo convectivas y orográficas. En relación con la temperatura promedio en esta franja es isotermal de 28°C ± 2°C, esta variante ocurre en el mes de abril y la evaporación media anual es de 1600 mm. En relación con el suelo, la Sierra madre de Chiapas presenta suelos de tipo regosoles, litosoles, cambisoles, acrisoles y Feozen; los primeros: son someros, no presentan capas diferenciadas y se parecen a las capas subyacentes; los terceros: son jóvenes, poco desarrollados y presentan acumulación de arcilla, carbonatos de Fe y Ca; el cuarto presenta acumulación de arcilla, muy ácidos y el quinto presenta una capa oscura, suave y rico en MO. En la planicie costera del pacífico se encuentran suelos: cambisol éutrico, regosol, feozens, solonchak (salinos), Gleysol (de inundación) y fluvisol. En general, el clima es de tipo Amwgi (clima húmedo), con una precipitación mínima anual de 2660 mm; la distribución de las precipitaciones máximas ocurre entre las altitudes de 800 m y 1000 m, donde la precipitación supera 5000 mm (Richter, 1993); hacia el Noroeste Istmo-Costa, el periodo lluvioso se reduce y los meses de sequía se incrementan de 3 hasta 6 meses. Del litoral hasta 800 m, las temperaturas promedio anuales son superiores a 23 °C y máximas superiores a 30 °C, y de 1500 m a 1800 m se tiene un clima templado

donde se observan temperaturas promedio menores de 17 °C; en relación con esta información de sitio, se encuentran establecidos cada uno de los cultivos mencionados en extensiones mayores y menores, cuya actividad contribuye sustantivamente en el desarrollo económico y social de la región. Asimismo, paralelamente a su introducción, el INIFAP realiza investigación que contribuye con el desarrollo sustentable en estos sistemas producto.

Resultados y discusión

Banano. Para este cultivo los empresarios de este sistema producto sin la intervención del INIFAP u otra institución de investigación local, utilizan tecnología es importada y sólo se sabe que aplican grandes cantidades de fertilizantes minerales, principalmente de los nutrimentos mayores (nitrógeno, fósforo, potasio y calcio). Debido al problema señalado con respecto al fierro, el 99 % de la producción comercial de banano en Chiapas, es bajo condiciones de riego por aspersión convencional y no utilizan fertirriego. Todo el fertilizante lo aplican al suelo en el entorno de las matas con las fórmulas: 360 kg/ha en dos aplicaciones de 12-12-12-02, durante seis semanas después de la siembra; y en producción, la fórmula 46-00-00+00-00-60 en una relación de 600+300 kg/ha, respectivamente.
Mangostán. Frutal originario del sureste asiático, de reciente introducción comercial en el Soconusco, Chiapas (2010), pero, su investigación y producción comercial inició hace más de 25 años en la región subtropical centro del Estado de Veracruz. De acuerdo con resultados preliminares generados por el Campo Experimental de El Palmar (INIFAP) en Veracruz; la experiencia en fertilización se generó mediante la adopción de esta tecnología con resultados de Indonesia y Malasia. Actualmente se sugieren, primero, dosis con enmiendas orgánicas al momento de su establecimiento y, un año después del trasplante, se recomienda la dosis de 125 g por planta dividida en tres aplicaciones al año (cada cuatro meses) de la fórmula compuesta 17-17-17. Sucesivamente, esta dosis se duplica en el segundo año (250 g), en el tercero y cuarto año se duplica la dosis del segundo año (500 g), la cual se divide en cuatro aplicaciones (cada tres meses); al quinto año de establecimiento, la dosis se incrementa a un kilogramo por árbol dividida en cuatro aplicaciones. Así, los resultados han revelado rendimientos comerciales de fruta aceptables desde un punto de vista económico. Otras dosis similares recomendadas en Indonesia y Malasia; países que iniciaron la producción comercial de mangostán hace muchos años; sin embargo, dado que la experiencia ha sido importada de aquellos países, sus dosis de fertilización son muy similares a la que actualmente se recomiendan en México para este frutal (Rebolledo *et al*., 2009; Díaz, *et al*., 2011).
Cacao. La experiencia de la fertilización mineral en este cultivo va de muy escasa a nula información. Por la naturaleza del cultivo, propio de suelos tropicales, éste se establece sobre restos de selva con alto contenido de materia orgánica (MO); lo cual es fácil observar que a su siembra y pocos años después (3 años), el suelo muestra una capa suelta de residuos de hojarasca, ramas secas y frutos secos en continua descomposición, condición regular en suelos tropicales y origen fundamental de su materia orgánica. Sin embargo, el INIFAP en la región del Soconusco, Chiapas; realizó algunos ensayos de fertilización mineral para confirmar la intensidad de respuesta por el cultivo mediante la dosis compuesta 17-17-17, pero la respuesta fue mínima, ya que el incremento en rendimiento de grano de cacao fue insuficiente para amortizar los costos del fertilizante. Actualmente, el Campo Experimental Rosario Izapa del INIFAP en esta región, ha retomado la experiencia de productores líderes, quienes importaron esta información de Costa Rica y recomiendan aplicar 138 g de nitrógeno (como urea), 0.0 fósforo y 0.0 potasio por planta al momento de establecimiento de una plantación, y al siguiente año sugieren la fórmula 172 g de nitrógeno, 34 g de fósforo y 34 g de potasio por planta; asimismo, para el tercer año se sugiere una dosis por planta de 264 g de nitrógeno, 34 g de fósforo y 34 g de potasio (Urea, SFT y Cloruro de Potasio). Los resultados han sido poco satisfactorios, debido

a la enfermedad de la moniliasis que ataca y destruye los frutos, lo cual dificulta evaluar estos resultados para observar el efecto directo de la fertilización mineral (Ramírez, 1997; FNC, 2003; Arévalo *et al*., 2004; EnrÍquez, 2004; Avendaño *et al*., 2012).

Café. Su hábitat natural es el trópico, similar a la del cacao y, sólo difiere en que el café se cultiva en condiciones de suelo con pendientes escarpadas en diferentes estratos altitudinales, condición que le confieren calidad al grano de café arábigo. La información de referencia sobre su fertilización mineral en México es con base en la experiencia de los países líderes en la producción café arábigo, tales como Brasil, Costa Rica, Colombia, Kenia y Costa de Marfil, principalmente. Las condiciones del suelo conde se cultiva café, como ya se señaló, son sitios con pendientes fuertes, intensidad de sombreado, variedades, suelos con pH ácidos y ricos en materia orgánica (MO). Éstos son algunos de los factores que interfieren para determinar las dosis de fertilización del café en los países líderes y México no es la excepción, ya que la caficultura nacional observa las mismas condiciones (Sánchez *et al*., 1983; Richter, 1991). En relación con la investigación sobre fertilización mineral para el cultivo de café en México, el INIFAP en los años 80´s sólo realizó algunos estudios exploratorios de fertilización, mismos que no tuvieron continuidad y por consiguiente no existen resultados concretos. Actualmente, en este ámbito sólo se dispone de información sobre el tema, compilada de la experiencia en los países mencionados. Así se ha determinado el orden de extracción de los nutrimentos por el café Caturra es como sigue: K>N>ca>P>Mg>S>Fe>Zn>Mn>Cu>B (Ramírez *et al*., 2002), otras investigaciones revelan que, para producir una tonelada de fruto de grano seco, la planta de café absorbe 24 kg de nitrógeno, 2 kg de fósforo, 19 kg de potasio, 2 kg de calcio y 1 kg de magnesio por hectárea (IFA, 1992; Bertsch, 2003). Asimismo, López *et al*. (2013) cita varios autores con información referente de Costa Rica, Brasil, Kenia y Costa de Marfil, quienes tienen información de las tasas de extracción de macro y micro-nutrimentos para las diferentes variedades, edad, densidad de población y rendimiento (Chavez y Molina, 2000; Malvolta, 1993; Carvajal et al., 1969; Cannell y Kimeu, 1971 y Snoeck, 1988). Otros resultados de dosis de fertilización del café en sus etapas inicial y de desarrollo las reportan Snoeck y Lambot (2004); Sadeghian (2008) y, Alvarado y Rojas (2007), todos los autores reportados por López *et al*. (2013). En el mismo sentido, Sadeghian (2008) reporta algunas fórmulas y mezclas fertilizantes para cafetos en producción. Sin duda toda esta información ha sido determinada mediante el método racional de la fertilización mineral edáfica (Rodríguez, 1993; Rodríguez *et al*., 2001; López *et al*., 2013).

Rambután. Frutal originario de Malasia e introducido en México desde los años 80´s en el campo Expérimental Rosario Izapa (C. E. R. I.) del INIFAP, ubicado en la región del Soconusco, Chiapas. Inicialmente, el Campo Experimental sólo observó su adaptación y fue hasta los años 90´s que se inició su propagación masiva y su establecimiento comercial. Paralelamente, el C. E. R. I. inició evaluando dosis de fertilización mineral en sus etapas de crecimiento y producción, pero, extrapoladas de Costa Rica y Malasia con resultados preliminares sobresalientes desde un punto de vista económico. De acuerdo con esta información el INIFAP en Veracruz y después en el Campo Experimental Rosario Izapa en Tapachula, Chiapas, se realizaron evaluaciones y que actualmente recomiendan, aplicar 125 g por planta cada tres meses de la fórmula compuesta 14-14-14; sucesivamente en el segundo año esta dosis se duplica (250 g) y se aplique con la misma frecuencia; durante el tercero y cuarto años se sugiere que se aplique 450 g por planta en cuatro aplicaciones en el año, y del quinto año en adelante la dosis es de 1.5 kg por árbol en cuatro aplicaciones durante el año. Actualmente, a través de la capacitación a técnicos y productores de rambután se les ha propuesto el uso de la fertilización racional de sitio, para lo cual sólo se requiere obtener de la literatura especializada, los resultados de extracción nutrimental por kilogramo de fruta (remoción nutrimental, RN) y restar los aportes del suelo (AS) de sitio específico para formular dosis de fertilización, mediante el método racional de la fertilización mineral edáfica. Así, desde hace dos años se inició con esta investigación en el ámbito del Campo Experimental Rosario Izapa-INIFAP cuyos los

resultados preliminares fueron satisfactorios, y sólo falta analizar los resultados de los dos años (2015 y 2016) para interpretar concretamente la respuesta. Sobre esta base, actualmente para las condiciones de sitio específico se dispone de la dosis de fertilización racional con macro-elementos con resultados económicamente aceptables; entre estas dosis se reportan las siguientes: 24-3.2-18 (CERI-INIFAP). Zúniga, F. (2007) sugiere: 10-30-10 (crecimiento) y 14-14-14 (producción.) y Zee, F. T. (1995): 36-4.5-18 y 36-4.5-23.4 para crecimiento y producción, respectivamente. Puede observarse que la variación entre dosis es mínima, esto como función de las condiciones edafoclimáticas de sitio (Sandoval, 1994; Fraire, 1999; Rebolledo *et al*., 2009).

Mango. Hasta antes del año 2010 la fertilización del mango se realizó con base en resultados del pasado sobre ensayos exploratorios de fertilización; asimismo con dosis recomendadas por consultores y empresas establecidas en la localidad que venden fertilizantes. Lo anterior, porque no se conocían los estándares nutrimentales para del mango Ataulfo, y con este propósito, el INIFAP después de tres años consecutivos de investigación (2007, 2008 y 2009) determinó dichos estándares que son actualmente la base para sugerir recomendaciones de fertilización de sitio específico (Cuadro 1).

Cuadro 1. Remoción de nutrimentos por una tonelada de peso fresco fruto de mango Ataulfo, promedio general para el estado de Chiapas. 2007-2009.

		Kg. de nutrimento / tonelada de fruto								gramos de nutrimento / tonelada de fruto				
Variables	n[z]	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre	Cloro	Sodio	Hierro	Cobre	Manganeso	Zinc	Boro
Chiapas	2	0.9898	0.1199	2.113	0.2584	0.213	0.202	0.241	0.149	4.903	1.126	2.367	1.679	1.63

Así, en el ámbito del Sitio Experimental del CERI-INIFAP, se iniciaron en 2011 los primeros estudios mediante el método racional de la fertilización mineral edáfica, cuyas dosis se aplican sobre la base de estos estándares que definen la remoción de nutrimentos por kilogramo de fruta fresca (Remoción nutrimental; RN) y aunado al aporte del suelo (AS) como función de su análisis químico; cuya dosis de N, P y K, resultan del cociente entre la diferencia de los primeros sobre la eficiencia de los fertilizantes [N(0.60), P(0.25) y K(0.80)]. Con base en el análisis químico del suelo del Sitio Experimental del CERI-INIFAP donde se ubica el huerto de mango Ataulfo, el método confirmó suficiencia de nutrimentos mayores y sólo se aplica lo que demanda la producción equivalente a 30 t/ha (Guzmán, 2005; Salazar *et al*., 2010; Salazar *et al.*, 2012; Mellado *et al*., 2011; Vázquez *et al*., 2009). Hasta ahora, los resultados preliminares en rendimiento de mango Ataulfo han sido de buenos a muy buenos (19 t/ha) en relación con el promedio global en la zona de 6 t/ha. Al respecto, cabe mencionar que algunas empresas productoras de mango Ataulfo, asesoradas por técnicos y empresas de fertilizantes, también obtienen rendimientos de fruta que oscilan entre 9.0 t/ha y 12 t/ha.

Palma de aceite. Este cultivo cobró su mayor relevancia económica y social a partir de 1997. A la fecha existen en esta región pacífico sur 38,000 hectáreas, pero, su fertilización mineral, como en la mayoría de los cultivos introducidos a finales del siglo pasado en esta región, se ha realizado con base en información importada principalmente de Costa Rica y Colombia. Con base en la literatura especializada, el Campo Experimental Rosario Izapa-INIFAP en esta región, acopió información sobre sus extracciones nutrimentales por tonelada de racimos de fruta (Cuadro 2) y, mediante el método racional de la fertilización mineral de sitio específico, se formuló una dosis que actualmente está en uso (Hernández *et al*., 2006; MPOPC, 1995; Durán, 1997; Alonso y Grajales, 2012).

Cuadro 2. Remoción de macroelementos para una producción de 30 toneladas de racimos de fruta fresca

Remoción de macroelementos por la palma de aceite para una producción de 30 t ha^{-1}	
N	162.5 (kg)
P	21.6 (kg)
K	279.2 (kg)

Con base en los aportes del suelo particular (AS; kg/ha), igual a 156-37-696 kg/ha de N, P y K, el método mencionado determinó con excepción del nitrógeno (N) donde detectó una deficiencia de 9.63 kg/ha; en los demás nutrimentos (P y K) determinó niveles de suficiencia y, cuando así ocurre, el método sugiere aplicar al menos lo que extrae la producción de 30 t/ha de estos nutrimentos (21.6 y 279 kg/t de P y K, respectivamente). Esta dosis (9.63-21.6-279 kg/ha de N, P y K) se ha venido aplicando en el predio objetivo de esta investigación desde el año 2010, y los rendimientos se han incrementado desde 11 t/ha hasta 22 t/ha de racimos de fruta fresca en condiciones de temporal, y desde 21 t/ha hasta 32 t/ha de racimos de fruta fresca en condiciones de riego (Hernández *et al*., 2006; Alonso y Grajales, 2012).

Conclusión

Los resultados de la fertilización en los cultivos tropicales tradicionales y no tradicionales en el Soconusco, Chiapas., con excepción del banano, mango Ataulfo y palma de aceite, que actualmente han tenido un seguimiento formal de su fertilización y rendimiento. En el resto de éstos la experiencia ha sido importada de los países líderes en estos sistemas producto; sin embargo, los resultados han sido de regulares a buenos.

Bibliografía

Alonso-Báez M. y Grajales-Solís, M. 2012. Cuánto, Cuándo y Cómo regar la Palma de Aceite en Chiapas. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Rosario Izapa. Folleto Técnico Número 28. Tuxtla Chico, Chiapas, México. 31 p.

Arévalo, E; Zuñiga, LB; Arévalo, CE; Adrizola, J. 2004. Cacao: manejo integrado del cultivo y transferencia de tecnologia en Amazonia Peruana. Tarapoto, San Martín, PE, Instituto de Cultivos Tropicales. 184 p.

Avendaño A. C. H., Mendoza L. A., Sandoval E. A., Hernández G. E., López G. G., López, A. P. A. 2012. Manual para el establecimiento y mantenimiento de cacao criollo fino de aroma. SAGARPA-INIFAP-CIRPAS. Campo Experimental Rosario Izapa, Folleto para productores Núm. 19. Tuxtla Chico, Chiapas, México. 40 p.

CONASPROMANGO, 2012. Plan Rector Nacional del Sistema Producto Mango 2012. Documento válido por el Comité Nacional Sistema Producto Mango, A.C. en sesión en abril de 2012. 57 p.

Díaz-Fuentes, V. H.; Díaz-Hernández, B. G.; Ruiz-Cruz, P. A.; Mariles-Flores, V.; Cano-García, M. A.; y Gálvez-Marroquín, L. A. 2011. El Mangostán (Garcinia Mangostana L.). SAGARPA-INIFAP-CIRPAS, Campo Experimental Rosario Izapa (CERI). Folleto técnico Núm.18: Tuxtla Chico, Chiapas, México. 220 p.

Duran, N. 1997. Principios para determinar la aptitud y manejo de suelos para el cultivo de la palma de aceite. *In*: Memorias del curso "Aspectos generales del cultivo de la palma aceitera". Tabasco, México.

Enríquez, G. 2004. El cultivo de cacao para agricultores. UNED. San José Costa Rica. 117 p.

Foro Nacional Cacaotero. 2003. Programa estratégico de investigación y transferencia de tecnología para de la cadena agroindustrial cacao en México. Foro Nacional Cacaotero realizado en Villahermosa Tabasco. Mayo del 2003. 104 p.

Fraire, V. G. 1999. Informe Técnico del Campo Experimental Rosario Izapa. CIRPS-INIFAP – SAGDR. (mimeografiado)

Galán-Sauco, V. 1999. El cultivo del mango. Ed. Mundi-Prensa, Madrid España. 298 p.

Guzmán-Estrada, C. 2005. Extracción nutrimental por el fruto en seis cultivares de Mangifera indica L. del sur de Sinaloa. Informe anual 2005. Campo Experimental Sur de Sinaloa, CIRNO-INIFAP.

Hernádez, C. J. M.; Olivera de los S., A.; Palacios, P. A.; Sandoval, E. A.; Grajales, S. M.; Estrada, V. J. D.; Domínguez, C. E.; Alonso, B. M.; Cervantes, O. E.; Ávila A. J. N.; Alejo, J. A.; Coutiño, F. M. A.; y Gonzalez, L. V. 2006. Tecnología para la producción de palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq. En México. Libro técnico Núm. 4. INFAP. México. Págs. 150.

López, M. R., Díaz P. G. Zamarripa C. A. 2013. El sistema de producción café´en México: problemática y tecnología de producción. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla, Sitio Experimental Teocelo, Veracruz, México. 463 p.

Malaysian Oil Palm Promotion Counsil (MPOPC). 1995. Malaysian oil palm: Design Dimension. Petaling Jaya. Malaysia. 174 p.

Mellado-Vázquez A1*, Salazar-García S1, González-Durán JL1, Treviño-De la Fuente CA2, Tucuch-Cauich MF3, Alonso-Báez M4, Barrios-Ayala A5, Medina-Montenegro HM6, Ovando-Cruz ME7, López-Jiménez A. 2011. Influencia de las condiciones de cultivo en la composición nutrimental del fruto de diferentes cultivares de mango. VI Reunión Nacional de Innovación Agrícola. León, Guanajuato 2011.

Ramírez Díaz, FJ. 1997. Sistemas agroindustrial cacao en México y su comportamiento en el mercado. Universidad Autónoma de Chapingo (CIESTAAM). Chapingo, México. 161 p.

Rebolledo, M. A., A. del Angel P., E. N. Becerra L., X. Rosas G. y R. Cetina L. 2009. Frutales tropicales no tradicionales para Veracruz. Folleto Técnico Núm. 45. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz, México. 110 p.

Richter D D, L J Babbar (1991) Soil diversity in the tropics. Advances in Ecological Research. 21: 315-389.

Rodríguez S J, D Pinochet T, F Matus B (2001) Fertilización de cultivos. Santiago-Talca-Valdivia. Santiago de Chile. 117 p.

Rodríguez S., J. 1993. La fertilización de los cultivos. Un método racional. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía, Santiago, Chile.

Salazar G S (2002) Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones. INIFAP-INPOFOS. 165 p.

Salazar-García, S., M. Alonso-Baez, I.J.L. González-Durán, A. Alvarez-Bravo. 2010. Cantidad de Nutrimentos Removidos por la Cosecha de Mango 'Ataulfo' en Chiapas, México. INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Santiago Ixcluintla. Prog. de cómputo (http://www.cesix.inifap.gob.mx/frutalestropicales/remocionmangochiapas.php). INDAUTOR: 03-2010-060413170100-01

Salazar-García, S., M. Alonso-Báez, I.J.L. González-Durán, A. Alvarez-Bravo, J. González-Valdivia. 2012. Sistema para el Diagnóstico Nutrimental Foliar del Mango 'Ataulfo' en Chiapas, México. INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Programa de Cómputo (http://cesix.inifap.gob.mx/frutalestropicales/nutricionmangochiapas1.php). INDAUTOR: 03-2012-051611310200-01

Sánchez P A, JH Villachica, D E Bandy (1983) Soil fertility dynamics after clearing a tropical rainforest in Perú. Soil Sci. Am. J. 47:1171-1178.

Sandoval E., Alfredo. 1994. Épocas de injertación de Rambután (*Nephelium lappaceum L.*) en la costa de Chiapas. En la I[ra.] Reunión Internacional y II[da.] Reunión Nacional sobre "Frutales Nativos e Introducidos". C.P. Centro de Fruticultura. 1994.

SIAP, 2012**.** Información estadística sobre producción de la agricultura mexicana. www.siap.gob.mx.

Tiessen H E, V S B Sampaio, I H Salcedo (2001) "Organic matter turnover and management in low input agriculture of NE Brazil. "Nutrient Cycling in Agroecosystems" 61: 99-103.

Vázquez V., V.; M.H. Pérez., B,; J.A. Osuna G. y M.A. Urías L. 2009. Manejo integral de huertos de mango 'Ataulfo' con altas densidades de plantación. Revista CHapingo Serie Horticultura 15(2): 155-160.

Vázquez-Valdivia, V.; Pérez-Barraza, M. H.; Osuna-García, J. A.; Urías-López, Mario A. 2009. Intensidad de poda sobre el vigor, producción y peso del fruto, del mango "Ataulfo". Revista Chapingo. Serie horticultura, Vol. 15, Núm. 2, mayo-agosto, 2009, pp. 127-132. Universidad Autónoma Chapingo México.

Webster CC, P N Wilson (1998) Agriculture in the Tropics. 3rd ed. London: Blackwell Science Ltd., 539 p.

FACTORES DEL SUELO QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DEL FERTILIZANTE

Covarrubias-Ramírez, J. M.[1*]

[1]**C. E. Saltillo-INIFAP. Saltillo, Coahuila. México.**

*Autor para correspondencia: covarrubias.juan@inifap.gob.mx; Calle: Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 No. 9515, Col. Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. CP 25315; Tel. +52 01 (800) 088 2222 Ext 83525, 83501.

Resumen

Para explicar el proceso de difusión, flujo de masas e intercepción de raíz que ocurre en el suelo como factores que afectan la eficiencia de recuperación del fertilizante, se utiliza el coeficiente de difusión de los nutrimentos y el coeficiente de permeabilidad del suelo, que indican el movimiento del agua en el suelo. La fertirrigación en forma frecuente y de baja intensidad hace que el flujo de masas sea el mecanismo, por el cual, los nutrimentos llegan a la raíz y la difusión ocurre en la rizósfera y en el rizoplano, la intercepción de raíz hace que ésta llegue al nutriente y sea adsorbido por difusión. Para incrementar la eficiencia se debe mejorar la calidad del suelo y el uso de vermicompostas es en la actualidad la mejor forma de lograrlo.

Palabras clave

Difusión; Vermicopostas; Calidad

Abstract

To explain the process of diffusion, mass flow and interception root occurs in the soil and know how factors affecting the recovery efficiency of fertilizer, we use the diffusion coefficient of nutrients and the coefficient of soil permeability that indicated the water movement in soil. Fertigation frequently and low intensity makes that the mass flow is the mechanism by which nutrients arrive to the root, and diffusion occurs in the rhizosphere and rhizoplane, root interception makes the root reaches the nutrient and it is adsorbed by diffusion. To increase efficiency should improve soil quality and use of vermicompost is currently the best way to achieve this.

Key words

Diffusion; Vermicompost; Quality

Introducción

En el pasado Congreso de la Ciencia del Suelo (XL) en el Simposio de Eficiencia en Recuperación de Fertilizantes, un miembro de la Sociedad en forma vehemente, señalaba que difusión es la forma en que los nutrientes son absorbidos por las plantas. En acuerdo con el comité local que organiza el Congreso, éste tiene que ser un evento donde se trate el estado actual del conocimiento con las

innovaciones en la ciencia del suelo bajo un conocimiento académico de calidad. Por tal motivo este trabajo tiene el objetivo mostrar cómo las plantas tienen acceso a los nutrientes y cómo los absorben para incrementar la eficiencia de recuperación.

Difusión

La difusión es un fenómeno de transferencia de masas que hace que la distribución de un ión sea más uniforme en el espacio a medida que pasa el tiempo. El transporte en soluciones se determina a través del coeficiente de difusión que se representa por la Ley de Fick, que depende de las propiedades del soluto y su interacción con el solvente; además, el coeficiente de difusión en un medio poroso está dado por la multiplicación del coeficiente de difusión y la tortuosidad de la porosidad.

En el cuadro 1, se muestra el coeficiente de difusión de iones involucrados en la nutrición y su movimiento a través del tiempo. El fósforo se absorbe en mayor cantidad como $H_2PO_4^-$ con una movilidad de 0.3 cm^2/año. Havlin *et al*. (1999) señalan que la difusión es el principal mecanismo de transporte del fósforo (P), pero que este elemento debe de estar en la zona de reacción del fertilizante con el suelo, pero como puede ser eso posible, si el P tiene la movilidad más baja, y por lo cual, la difusión sólo tiene efecto en la rizósfera (5 mm de suelo) y en el rizoplano, donde existe la mayor concentración del P, pero si se encuentra en la zona de acceso del fertilizante, es mayor el proceso por flujo de masas.

Cuadro 1. Coeficientes de difusión de iones nutrimentales en agua a 25° C y su movilidad.

Ión	Coeficientes difusión		Movimiento	
H^+	45	10^{-6} cm^2/s	3.888	cm^2/día
O^{2-}	20	10^{-6} cm^2/s	1.728	cm^2/día
N_2	18.8	10^{-6} cm^2/s	1.62432	cm^2/día
NH_4^+	1.4	10^{-6} cm^2/s	0.12096	cm^2/día
NO_3^-	1	10^{-6} cm^2/s	0.0864	cm^2/día
HPO_4^{2-}	8.8	10^{-6} cm^2/s	0.76032	cm^2/día
$H_2PO_4^-$	1	10^{-8} cm^2/s	0.31536	cm^2/Año
P	1	10^{-12} cm^2/s	0.0031536	cm^2/100 años
K^+	1.4	10^{-6} cm^2/s	0.12096	cm^2/día
Ca^{2+}	9	10^{-8} cm^2/s	2.83824	cm^2/Año
Mg^{2+}	6	10^{-8} cm^2/s	1.89216	cm^2/Año
SO_4^{2-}	10.6	10^{-6} cm^2/s	0.91584	cm^2/día
MoO_4^{2-}	5	10^{-8} cm^2/s	1.5768	cm^2/Año
Cl^-	1.2	10^{-6} cm^2/s	0.10368	cm^2/Año
Li^+	10.3	10^{-6} cm^2/s	0.88992	cm^2/Año

Flujo de masas

El flujo de masas ocurre cuando los solutos son transportados por el agua desde las partículas del

suelo hasta las raíces, este flujo se considera como el *continuum* del flujo del agua desde el suelo hasta la atmósfera mediante la traspiración de la planta (Mengel y Kirby, 2001), por lo cual, el flujo de masas es el mecanismo más importante cuando la concentración del nutriente y la transpiración son elevadas. El movimiento del agua en el suelo bajo condiciones de saturación está dado por la Ley de Darcy y también considera la tortuosidad de la porosidad; si el nutriente para ser absorbido tiene que estar soluble y en la fertirrigaciòn mediante tensiómetros se manejan niveles de agua en el suelo entre 0 y 33 kPa para hortalizas y de 0 a 180 kPa para frutales y esto se debe al tamaño de secciones de riego, porque en hortalizas se utilizan secciones de menor tamaño y en frutales es inverso. En el cuadro 2, el flujo del agua en la agricultura está dado por la permeabilidad del suelo en condiciones de saturación hasta capacidad de campo (0 a 33 kPa).

Cuadro 2. Coeficientes de permeabilidad y movimiento del agua por textura de suelo.

Coeficientes de permeabilidad			Textura		
Muy baja	4.48	10^{-6} cm^2/s	Arcilla	6.9	10^{-7} cm^2/s
Baja	7.17	10^{-5} cm^2/s	Arcilla limosa	1.7	10^{-5} cm^2/s
Baja moderada	1.15	10^{-3} cm^2/s	Migajón arcilloso	1.8	10^{-4} cm^2/s
Moderada	1.12	10^{-2} cm^2/s	Migajón	4.7	10^{-4} cm^2/s
Rápida moderada	4.48	10^{-2} cm^2/s	Migajón arenoso	1.7	10^{-3} cm^2/s
Rápida	1.19	10^{-1} cm^2/s	Arena	6.9	10^{-3} cm^2/s
Muy rápida	5.63	10^{-1} cm^2/s			

Si el HPO_4^{2-}, tiene una movilidad de 0.76 cm^2/día, para que se nueva a 30 cm por difusión necesitaríamos más de 39 días, en cambio sí está en solución en hortalizas en un suelo arcilloso tiene un flujo de agua de 0.06 cm^2/día y para moverse requerirá más de un año, por lo cual, el HPO_4^{2-} se considera un nutriente de baja movilidad y esta condición se incrementa más en un suelo arcilloso. En cambio en un suelo migajón arcilloso, para moverse 30 cm necesitará menos de 2 días. La solubilidad del soluto afecta su concentración en el agua y necesita estar soluble para que pueda moverse por flujo de masas, el HPO_4^{2-} tiene una solubilidad de hasta 0.2 mg/L y es afectado por los coloides del suelo; en una solución de 100 mL y 100 g de suelo su concentración máxima será 0.004 $cmol_c$/kg y por lo cual, tiene baja capacidad de intercambio aniónico (CIA) (Westerman, 1990) y por esto, es repelido en el suelo que tiene una alta capacidad de intercambio catiónico (CIC), lo que facilita su movimiento. Bajo la técnica de pulsaciones, que es la aplicación de riegos frecuentes y de baja intensidad, característico del riego localizado se ha logrado mover al HPO_4^{2-} hasta 50 cm (Burgueño, 1996). Con esto podemos señalar que los nutrimentos que tienen baja difusión, mediante flujo de masas es el mecanismo por el cual las plantas tienen acceso a los nutrientes bajo condiciones de riego.

El nitrógeno (N) se utiliza como N_2, en forma de gas por los microorganismos fijadores de N, su difusión junto con el O^{2-} y H^+, son las mayores, el N en ausencia de microorganismos tiene que ser absorbido como NH_4^+ y NO_3^-, el NH_4^+ tiene mayor difusión (0.1 cm^2/día) que el NO_3^- (0.08 cm^2/día), pero el NH_4^+ es un catión que es adsorbido por la CIC del suelo y puede ser fijado; en cambio, el NO_3^- es un anión que no es adsorbido por el suelo y es repelido debido a la carga negativa en la CIC y puede ser lixiviado cuando se sobre riega; así, el flujo de masas debe ser por pulsaciones y reponiendo el agua que consume la planta, por eso la fertirrigación en riego localizado en la mejor opción, y debido a esto, el Dr. Roberto Núñez Escobar consideraba que la fertirrigación es una agricultura

sustentable porque se aplican los nutrientes en forma localizada y soluble y su movilidad es por flujo de masas y por lo cual, se tiene mayor eficiencia de recuperación (Núñez, 2001).

El potasio (K^+) tiene las mismas características que el NH_4^+ en difusión, tiene un radio iónico hidratado de 0.46 nm, por lo cual, el K^+ soluble es rápidamente absorbido por la planta y la reserva de potasio en el suelo que está en forma intercambiable lo repone, por lo que, suelos con mayor CIC tienen mayor reserva de K^+, y cuando se encuentra en la rizósfera y en solución es absorbido por difusión y para hacerlo llegar a la rizósfera es por flujo de masas.

Intercepción por la raíz

Después de sembrar el cultivo se aplica un riego de emergencia o nacencia, con esta agua se llega a emergencia del cultivo si no llueve y a partir de ahí se abate el agua en el suelo hasta 250 kPa, para favorecer que la planta busque el agua a mayor profundidad de suelo y desarrolle un amplio sistema de raíces. En riego por aspersión y goteo es menor el abatimiento y en riego por superficie en turnos es mayor, la absorción se realiza por medio de los pelos radicales que interceptan los nutrientes a través de su paso en el perfil del suelo (Figura 1).

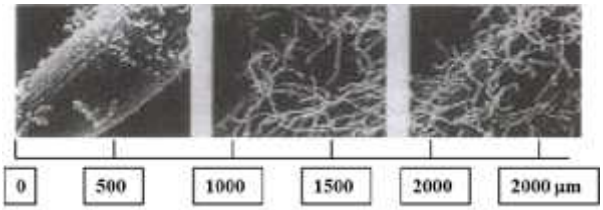


Figura 1. Pelos radicales en segmento de raíz

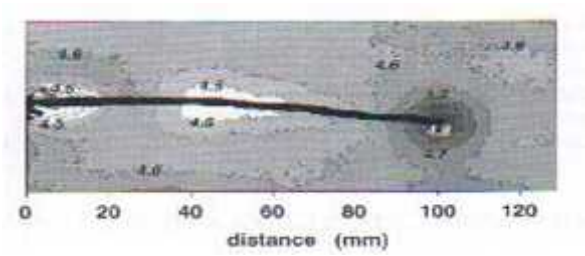


Figura 2. Exudados de protones en raíz.

La planta a través de su intercambio iónico en la célula exuda H^+ (Figura 2), por lo que acidifica la rizósfera, permitiendo la solubilidad de iones como HPO_4^{2-}, Fe^{2+}, Mn^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+} y MoO_4^{2-}. Existen microorganismos solubilizadores cuando estos iones están fijados, y los transforman en intercambiables o solubles, además microorganismos que favorecen el desarrollo de raíces por la acción del Ácido Indolacético e Indolbutírico y solubilizan los nutrientes por la acción enzimática de fosfatasas, una muestra es la bacteria *Burkholderia cepacia*, donde la cepa CAFEA 20N, tiene una capacidad de solubilizar roca fosfórica de 545 mg/L y una producción de ácidos de 6,810 mg/L, pero esta bacteria es patógena para los humanos y multiresistente a antibióticos (Paredes, 2010), por lo cual su conocimiento es sólo académico y no puede ser tecnológico.

La intercepción por la raíz favorece la difusión de los nutrientes solubles y el flujo de masas lo que realiza es mover los nutrientes a la rizósfera y al rizoplano, Salgado y Núñez (2012) presentan un cuadro comparativo de movilización suelo-raíz, donde se difieren algunos datos con lo expuesto aquí.

Absorción

Existen dos mecanismos para que la planta absorba los nutrientes, la absorción pasiva (apoplasto) y la absorción activa (simplasto). El recorrido de los nutrientes en la absorción en forma de iones en solución y del agua, vía apoplasto es a través de los espacios intercelulares con fluído, este movimiento es por un gradiente de difusión en todos los espacios libres dentro de la raíz, pero no llegan al xilema porque se los impide la Banda de Caspari (Figura 3).

El movimiento de los nutrientes en solución, a través de membranas selectivamente permeables, se conoce como vía simplasto, este movimiento es mediante transportadores para mover los iones a través de la membrana celular en contra de un gradiente químico y electroquímico, la energía utilizada es proporcionada por la proteína transmembrenal en forma de ATP (Mengel y Kirby, 2001).

Figura 3. Banda de caspari en células de la raíz

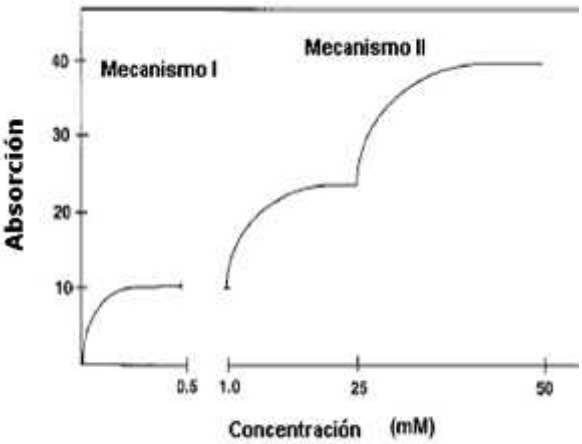


Figura 4. Mecanismos de absorción por las plantas

La vía simplasto es el paso de una solución nutritiva del medio externo al interno de la célula, este es el término de absorción, por lo cual, la vía apoplasto no se considera por algunos autores como absorción (Alcántar y Trejo-Téllez, 2007).

Los co-transportadores en la absorción transmembrenal mueven iones por gradientes a un flujo de 10^2 a 10^4 moléculas por segundo. Existen tres tipos de co-transportadores: los uni-transportadores: son canales donde se mueven sustancias a favor de un gradiente de concentración a una baja velocidad (mecanismo I, Figura 4); los anti-transportadores: son transportadores de intercambio (H^+ vs NO_3^-) ó ($H_2PO_4^-$ vs NO_3^-) como los exudados de la raíz (Figura 2) y los sim-transportadores: son canales donde se mueven sustancias en contra de un gradiente de concentración (Mecanismo II, Figura 4) y para ello se requieren de transportadores específicos (DNAc), estos se conocen como las señales para activar la transcripción de genes específicos en el proceso de fuente y demanda, como el transportador LePS2 en tomate, YStPT1 en papa y los transportadores LePT1, LePT2, AtPT1 y TPSI1, con alta afinidad a P.

En la actualidad, se tiene el auge de los fosfitos ($H_2PO_3^-$) que la planta los absorbe indistintamente con los fosfatos ($H_2PO_4^-$ y HPO_4^{2-}); bajo condiciones de estrés de P, el fosfito interfiere la expresión de genes de transcripción reduciendo la absorción de P y a la vez activando los mecanismos de defensa inducida como las peroxidasas, polifenol oxidasa, fitoalexinas, ácido ascórbico, flavonoides, glucosinolatos, pectinas en la pared celular y quitinas en la epidermis; pero en los cultivos el P es el macroelemento de menor absorción por las plantas, por lo cual, el fosfito en una concentración menor a 0.5 mol_c/m^3, no causa efectos negativos en el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo (Estrada-Ortiz, 2014).

El suelo

En la actualidad, el campo mexicano presenta signos de agotamiento reflejados en un estancamiento de la productividad, competitividad y rentabilidad, asociados a una notable degradación de los recursos naturales (INIFAP, 2016). El productor con actividades empresariales se dedicó a producir dinero y no alimentos. La salud del suelo es el principal enfoque que se debe tener en la SMCS, se requiere mejorar la sustentabilidad en sus procesos productivos, la sanidad, el mantenimiento y mejoramiento de los recursos naturales y, en este caso, el suelo.

La calidad del suelo afecta la recuperación del fertilizante para ser aprovechado por la planta. El 44.9% de los suelos del país muestran algún tipo de degradación, la principal es la degradación química (17.8% de la superficie del país), le sigue la erosión hídrica (11.9%), la eólica (9.5%) y la degradación física (5.7%). Con respecto a las causas de la degradación nacional, el 35% se asocia a actividades agrícolas y pecuarias (17.5% respectivamente) y 7.5% a la pérdida de cubierta vegetal (INEGI, 2015).

El uso de vermicompostas utilizando la lombriz roja o californiana (*Eisenia andrei*), y donde existen microorganismos benéficos en el intestino de la lombriz de tierra, del género *Bacillus*, donde *B. subtilis*, promueve el crecimiento de raíces laterales y longitud de raíz, incrementa la absorción de fósforo y la biomasa de la planta (Covarrubias-Ramírez *et al*., 2005; Pérez-Pérez y Espinosa-Victoria, 2014 y León-López y Peña-Cabriales, 2015). El uso de la vermicomposta aumenta la CIC en el suelo hasta 300 cmolc/kg dependiendo de su origen, sus subproductos como los ácidos carboxílico, húmico y fúlvico, facilitan la absorción de los nutrimentos, porque estos polímeros de cadena larga son reconocidos por las proteínas transmembrenales en la célula, que permiten su absorción con nutrimentos.

Conclusiones

El riego localizado en forma frecuente y de baja intensidad permite la movilidad de los nutrientes bajo el flujo de masas a la raíz, la difusión se realiza en la rizósfera y en el rizoplano, por lo que la intercepción de raíces facilita la absorción de nutrimentos.

Los mecanismos de absorción se activan estando el nutriente en el rizoplano, y cuando el nutriente no se encuentre en la concentración adecuada se activan los mecanismos de defensa de la planta, la absorción simplasto es la mejor opción para incrementar la eficiencia de recuperación del fertilizante, por lo que plantas con este mecanismo son más eficientes.

Dada la baja calidad del suelo, se debe incorporar vemicompostas y utilizar los biolíquidos como fertirrigación como tecnología de aplicación inmediata, para incrementar la eficiencia de recuperación del nutrimento y reducir así los costos en la fertilización.

Bibliografía

Alcántar G., G. y Trejo-Téllez, L. 2007. Nutrición de cultivos. Ed. Mundi Prensa México. S. A. de C. V. México, D. F. 454 p.

Burgueño C., J. H. 1996. Fertigación. Bursag, S. C. Culiacán, Sin. 93 p.

Covarrubias-Ramírez, J. M., S. Castillo-Aguilar, J. A. Vera-Núñez, R. Núñez-Escobar, P. Sánchez-García, R. Aveldaño-Salazar y J. J. Peña-Cabriales. 2005. Absorción y eficiencia en uso de fósforo en papa cultivar alpha con ^{32}P. Agrociencia 39:127-136.

Estrada-Ortìz, E. 2014. Fosfito en el metabolismo de hortalizas de hoja. Tesis Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de Mex. 282 p.

Havlin J.L.; J.D. Beaton; S. L. Tisdale and W.L. Nelson.1999. Soil fertility and fertilizers. 6th ed. Prentice Hall, Inc. New Jersey, U.S.A. 499 p.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2015. Estadística. Medio ambiente. http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=21385. (Consultado el 9 de mayo de 2016).

Food and Agriculture organization (FAO) 2016. Soil permeability. *In*: ftp://ftp.fao.org/fi/cdrom/fao_training/FAO_Training/General/x6706e/x6706e09.htm (Consultado el 9 de mayo de 2016).

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2016. Convenio de Administración por Resultados del INIFAP 2016 – 2019. Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina. Delegación Coyoacán, C.P. 04010, Ciudad de México, MEX. 144 p.

León-López, L. y Peña-Cabriales, J. J. 2015. La producción de compuestos volátiles por rizobacterias y su relación con la promoción del crecimiento vegetal. *In*: Loredo Osti, C., Lara Mireles, J.L., Beltrán López, S. y Valdez Cepeda, R.D. (Compilación y Edición). Memorias del XL Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. 40:250-253.

Mengel, K and E. A. Kirby. 2001. Principles of plant nutrition. Kluwer Academic Publishers. Norwel, MA. USA. 832 p.

Núñez E., R. 2001. Tecnología y uso de fertilizantes. Área de Fertilidad de suelos. Especialidad de Edafología. IRENAT-CP. Montecillos, México. 120 p.

Paredes M., M. 2010. Aislamiento y caracterización bioquímica de metabolitos producidos por rizobacterias que solubilizan fosfato. Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de Mex. 125 p.

Pérez-Pérez, J.A. y Espinosa-Victoria, D. 2014. Caracterización microbiológica de las bacterias residentes en el tracto digestivo de la lombriz de tierra *Eisenia foetida*. *In*: Flores Margez, Juan Pedro *et al*. (eds). Memoria XXXIX Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Cd. Juárez, Chih. 39:128-133.

Salgado García, S. y Núñez Escobar, R. 2012. Manejo de fertilizantes químicos y orgánicos. Ed. Biblioteca Básica de Agricultura (BBA). Guadalajara, Jal. Méx. 146 p.

Westerman, R. L. 1990. Soil testing and plant analysis. 3a Ed. Soil Science Society of America, Madison, Wi. 172 p.

Simposio 10:

BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS

BIOSURFACTANTES Y BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO ATMOSFÉRICO EN LA ELIMINACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS

Pérez-Vargas J.[1*]; Calva-Calva G.[2]

[1]Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Ecatepec de Morelos Estado de México, México
[2]Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Cd. De México, México.

*Autor responsable: djperezvargas@hotmail.com; Calle Av. Tecnológico s/n, Col. Valle de Anáhuac, Ecatepec de Morelos, Estado de México, México. CP 55210 Tel. +52(555)-000-2324

Resumen

Un gran problema de contaminación en México es la presencia de hidrocarburos del petróleo en sitios impactados, así como algunos otros compuestos orgánicos aromáticos. Por su hidrofobicidad los microorganismos no pueden eliminarlos del ambiente, esto ha hecho que se ponga particular atención a los biosurfactantes. Estos compuestos son producidos por microorganismos que tienen la particularidad de disminuir la tensión superficial así como formar emulsiones con compuestos hidrofóbicos como son los hidrocarburos. Esta característica particular los hace muy interesantes debido a que su uso en procesos de biorremediación seria sustentable, no contaminan y pueden ser asimilados por la flora microbiana que se encuentra en los sitios contaminados. Se ha estudiado a bacterias de vida libre fijadoras de nitrógeno atmosférico, que utilizan los hidrocarburos como fuente de carbono y energía, y producen biosurfactantes como los ramnolípidos. Se ha encontrado que junto con las bacterias en un proceso de biorremediación en biopilas pueden eliminar hasta el 90% de los hidrocarburos en periodos que van de 6 meses a un año dependiendo de la concentración. Se han probado también para la eliminación de hidrocarburos de lodos residuales de centros de lavado y se ha encontrado que eliminan los hidrocarburos presentes junto con la disminución de la materia orgánica en reactor aereado en 48 horas. Estos resultados indican que estos microorganismos junto con los biosurfactantes pueden ser utilizados en procesos de biorremediación de compuestos orgánicos.

Palabras clave

Biosurfactantes, bacterias fijsdoras de nitrógeno, hidrocarburos

CONTAMINACIÓN DE METALES PESADOS EN SUELO, AGUA, PLANTAS Y EFECTOS EN LA SALUD

Calderón-Salinas, J.C.[1*]; Gutiérrez-Rojas, M.[2]; Maldonado-Vega, M.[3]; García-Berumen, J.A.[4] y Peña-Cabriales, J.J.[4]

[1]CINVESTAV-IPN Unidad Zacatenco. Av. IPN #2508, Zacatenco, Gustavo A. Madero. 07360 Ciudad de México. Departamento de Bioquímica, Laboratorio de Bioquímica Médica. Ciudad de México jcalder@cinvestav.mx
[2]UAM- Unidad Iztapalapa. Laboratorio de Biotecnología, Ciudad de México mgr@xanum.uam.mx
[3]Hospital Regional de Alta Especialidad del Bajío. Blvd. Milenio #130, col. San Carlos la Roncha. León, Gto. Dirección de Planeación, Enseñanza e Investigación, vega.maldonado.m@gmail.com
[4]CINVESTAV-IPN Unidad Irapuato. km 9.6, Libramiento Norte, carretera Irapuato-León. Departamento de Biotecnología y Bioquímica. Irapuato, Guanajuato jpena@ira.cinvestav.mx

Resumen

Este trabajo evaluó en 2015 suelo, agua y vegetación silvestre de la Presa La Zacatecana que contiene residuos mineros desde la época virreinal. Se evaluó la concentración de As, Hg y Pb. El sitio tiene actividades agrícolas, pastoreo, recreación y población con posible afectación en la salud. Resultados: el suelo presenta 65 mg/kg, 89.72 mg/kg y 741.07 mg/kg de As, Hg y Pb respectivamente, el agua de la Presa la Zacatecana presenta 0.7 mg/L, 0.4 mg/L y 0.3 mg/L As, Hg y Pb que rebasa los límites de la NOM-001-SEMARNAT-1996. La vegetación nativa de gramíneas y amarantos acumulan entre 6-10 mg As/ kg, 9-117 mg Hg/kg y 23-99.5 mg Pb/kg. En raíz de maíz cultivado acumula 6.13 mg As/kg, 0.38 mg Hg/kg y 13 mg Pb/kg; y en grano de 0.22, 0.54 y 1.90 mg/kg de As, Hg y Pb respectivamente. Se La actividad microbiológica es menor en las zonas noroeste y noreste, pero los microorganismos de rizósfera presentan mecanismos óxido-reducción para As y Hg. El ciclo biogeoquímico vislumbrado podría influir la contención de estos metales, limitando su biodisponibilidad. La población del sitio no presenta exposición a Pb y efectos por metales pesados. El trabajo se continúa desarrollando y se reportará el estado de salud de una población con antecedentes previos de exposición a metales pesados comparada a la fecha actual.

Palabras clave

Metales pesados, minería, plomo, mercurio, Zacatecana.

Introducción

La vida depende de la estrecha interacción de los seres vivos con el ambiente, los organismos, bacterias, plantas, animales y los seres humanos dependen del ambiente para obtener oxígeno, agua, micro-elementos y componentes esenciales para su funcionamiento óptimo. De igual forma al ambiente se desechan productos metabólicos de degradación de los organismos, tales como CO_2, agua y compuestos de nitrógeno. Para obtener energía y materia los organismos heterótrofos deben consumir productos de los organismos autótrofos, al propio organismo autótrofo y heterótrofos; por su parte los autótrofos son fotosintetizadores para obtener energía y materia requiriendo energía solar y CO_2, de esté proceso liberan agua y oxígeno, mismo que es utilizado por los heterótrofos para asimilar materia y energía, y a través de mecanismos oxidativos y metabólicos desechan el CO_2 que cierra el círculo para ser utilizado por los autótrofos. Este delicado estado estacionario se mantiene entre organismos y el ambiente.

El ambiente puede adquirir características nocivas para la vida por la contaminación. La presencia químicos líquidos, sólidos y gases puede incluir metales pesados, solventes, plaguicidas, herbicidas, hidrocarburos entre otros. La exposición a estos compuestos afecta a los seres vivos, observándose población sensible, así como

población resistente desde microorganismos hasta el humano. Bajo este contexto ésta característica toma importancia en los organismos, plantas y el hombre, siendo los dos primeros valorados en procesos de biotecnología para caracterizar sitios contaminados, o bien, para su recuperación, y en el humano para procesos preventivos, diagnósticos y terapéuticos. Esta condición además de supervivencia, conlleva cambios adaptativos y metabólicos.

Entre las características de los compuestos químicos un factor frecuentemente desestimado es la biodisponibilidad, ésta hace que los compuestos en el ambiente puedan o no ser absorbidos por el organismo. Los fenómenos naturales, el tiempo y las condiciones oxidativas del ambiente pueden provocar una menor o mayor biodisponibilidad de un compuesto, y los metales pesados depende de solubilidad, la matriz en que se encuentra, la concentración y estado de óxido-reducción (Basta *et al.* 2005). Estas reacciones son temporales, algunas ocurren en segundos, horas o en días; otras son más lentas y se llevan a cabo en meses e incluso años (Sparks 2003). Condición donde el ecosistema puede o no presentar biodisponibilidad hace que las determinaciones químico ambiental aun con especiación de fracciones y concentración de compuestos sean solo indicadores generales de contaminación y no específicos del daño que puede producir en los organismos.

Adicionalmente los organismos generan adaptaciones o tener características genéticamente definidas que los hace diferentes en susceptibilidad a la absorción y daño por diferentes contaminantes, de manera que indicadores de contaminación se convierten en referencia desde las bacterias, hongos hasta el humano. Esto explica por qué se observan desarrollos de plantas, presencia de animales y poblaciones humanas en sitios de alta contaminación por procesos naturales (volcanes, deslaves), o antropológicamente (minería, y metalurgia) y que decir de bacterias cuya adaptación y resistencia a contaminantes es más sobresaliente. Se tienen dos vías de explicación, de la sobrevivencia de organismos en ambientes contaminados: la biodisponibilidad de contaminantes en el tiempo y los diferentes procesos fisicoquímicos ambientales llevan a diferentes equilibrios y pueden condicionar sistemas con baja biodisponibilidad; por otro lado, los organismos desarrollan condicionales fisiológicas para evitar la absorción, transporte y generar una eliminación adecuada; el metabolismo a elementos tóxicos, así como la sustitución funcional de las vías dañadas para poder tolerar la exposición.

Bajo tal condicional es esencial complementar todas las medidas de evaluación del estatus químico, ecológico, ambiental, exposición laboral con pruebas de daño a organismos para entender los efectos tóxicos de un ambiente contaminante en organismos complejos incluyendo al humano. Esta visión de análisis es esencial para entender la resistencia de bacterias y plantas que finalmente podrán ser útiles en los procesos de bioremediación de ambientes contaminados. Los ambientes con mayor contaminación son minas y sitios donde se desechan sus residuos, provocando complejos procesos de contaminación que el viento, corrientes freáticas y la contaminación de organismos se encargan de llevar lejos de su origen y dadas las características químicas de los contaminantes pueden permanecer por mucho tiempo. La minería extensiva en nuestro país apenas empiezan a aplicar cuidados laborales y ambientales que respetan normas internacionales, por lo cual, por muchos años la actividad minera fue realizada sin normas de calidad, provocando grandes enclaves contaminados con residuos de extracción encontrando actualmente extensas zonas contaminadas por Pb, Hg, As, Cd, Zn, así como cianuro, ácidos, sales orgánicas e inorgánicas, entre una compleja gama de contaminantes en mayor o menor concentración.

La microbiota se puede alterar por efecto de los contaminantes. La enorme variedad de microorganismos y su adaptación fisiológica y genética hace que puedan sobrevivir exitosamente en ambientes muy contaminados, de ahí su extenso empleo en procesos de bioremediación. Se han propuesto varios mecanismos de defensa en microorganismos contra metales: modificaciones en estructura de membrana y pared celular para reducir la permeabilidad pasiva. Transporte activo para expulsar el metal. Sintesis de proteinas quelantes. Secreción de quelantes para el secuestro extracelular. Inactivaciòn enzimatica oxidoreductora. Acumulación de metales en ligando intracelulares. Estrechamente relacionadas en las plantas los metales sufren procesos de absorción, acumulación, asimilación, transformación y eliminación. El Mn, Fe, Cu, Zn, Mo son asimilados e integrados al metabolismo de las plantas, otros como el Cd, Hg, Pb, As, no son usados por las plantas y su manejo depende del parecido con otros elementos y compuestos esenciales; en ambos casos los metales son fitotóxicos, en algunos casos aun a baja concentración afectan procesos como: fotosíntesis, síntesis de proteínas, absorción de agua y nutrientes, provocando retraso en el crecimiento y el desarrollo. Por otro lado, las plantas logran adaptaciones para sobrevivir y reducir los efectos de los metales pesados. Se han identificado plantas hiperacumuladoras que concentran metales, cerca de 0.1-1 % de su biomasa seca. Los mecanismos de

acumulación incluyen, fitosideróforos, proteínas quelantes y concentradoras de metales, procesos de oxidaciòn y de reducción de los metales, solubilización o precipitación de los metales mediante cambios de pH y concentración de iones. Estas plantas constituyen recursos de alto valor en la aplicación biotecnológica y remediación de suelos. Los metales entran a la raíz por vía extracelular y vía intracelular, o bien mediante canales y procesos dependientes de energía como los transportadores celulares. Dentro de la raíz los iones libres o complejos metálicos pueden almacenarse o exportarse a tejidos aéreos, a través del xilema y el floema. Sin embargo, la acumulación de metales pesados en las plantas está relacionada con la toxicidad causada por la ingesta de estos contaminantes al quedar integradas en la cadena alimenticia hacia los animales y el hombre. Adicionalmente, los metales llegan a los animales vía sistema respiratorio en partículas suspendidas en el aire, absorbiéndose desde un 5 al 50%. Por la piel la absorción es mínima y por el tracto digestivo pueden llegar a través del agua y plantas contaminadas, animales de presa contaminados, utensilios, así la absorción digestiva puede llegar hasta el 90% por mecanismos específicos de absorción y algunos de los contaminantes pueden confundirse con compuestos de importancia biológica.

La absorción de metales depende de su naturaleza química, estado físico y la asociación con fisicoquímica con componentes ambientales y también a las condiciones fisiológicas y patológicas propias del animal. Los animales también cuentan con sistemas de defensa contra los metales pesados, si bien estas parecen limitadas con respecto a las de bacterias y plantas, los mecanismos descritos son: disminución de la permeabilidad celular; transporte activo de bombas para la expulsión de metales; proteínas quelantes, secuestro extra e intracelular; detoxificación enzimática por oxido-reducción y conjugación; incremento de la excreción. El humano solo presenta discretas diferencias con mayores capacidades de defensa y adaptación a las condiciones patológicas. Los daños por metales pesados incluyen principalmente alteraciones neurológicas, hematológicas, respiratorias, digestivas y renales. Se desarrollan de manera considerable en personas laboralmente expuestas. En el caso de poblaciones que tienen sus viviendas y hacen su vida diaria en zonas aledañas a sitos contaminados los daños toxicológicos son menores pero la exposición crónica implica un importante efecto negativo sobre la calidad de vida y condiciona diferentes estados de daño crónico que pueden resultar en las manifestaciones patológicas ya indicadas. La contaminación a los seres humanos, las actividades antropológicas agregan una posibilidad adicional de contaminación: la cultura, los hábitos, el estilo de vida, el uso extensivo de utensilios para las más diversas actividades, el empleo de cosméticos, la vestimenta, los alimentos y sus procesamientos y empaques, el ambiente de la vivienda, el entorno donde vive y el trabajo que desarrolla. El daño crónico está supeditado a diferentes factores, entre los que se encuentran: La cercanía a la fuente contaminante, la dispersión, los vehículos de dispersión (aérea, agua, alimentos), el tiempo se vivir y la permanencia en la zona contaminada, su estado fisiológico y fisiopatológico y la biodisponibilidad del tóxico.

Los metales persisten como contaminantes por periodos muy prolongados. La reducción de su concentración en la zona puede deberse a dispersión activa, en el caso de partículas suspendidas en el viento o corrientes freáticas, o pasiva en el caso de plantas y animales contaminados. La permanencia de los metales no se conserva fisicoquímicamente inactiva y puede cambiar notablemente en el tiempo debido a radiación solar, temperatura, pH, la interacción con otros compuestos, el oxígeno en el ambiente, todo lo cual puede resultar en compuestos metálicos con más o menos toxicidad y biodisponibilidad. Esta complejidad de procesos hace necesaria una evaluación puntual de los diferentes casos de contaminación y sus efectos a la población cercana a estos sitios contaminantes, dado la gama de factores que pueden afectar el resultado de la misma contaminación, incluyendo el tiempo de evolución del sitio contaminado y las características particulares de la población. El estado de Zacatecas tiene una intensa actividad minera, esta actividad data desde la colonia y se ha realizado, hasta hace muy poco tiempo sin una visión ecológica, con sustentabilidad y socialmente responsable, lo que ha provocado extensas zonas contaminadas en proporciones que rebasan cualquier norma.

La presa La Zacatecana construida en 1880 y modificada en 1971 para el control de las avenidas de riego, está en el municipio de Guadalupe, Zac., se ha formado a base de los desechos de diversas minas de la Región así como de la mina La Cantera ubicada en la parte alta de la zona. Tiene una extensión mayor a dos mil hectáreas, es un depósito de terreros minerales desde 1938 y durante 20 años de funcionamiento de la mina mencionada, se calcula que se han desechado en ese sitio entre 9 y 11 millones de toneladas de residuos mineros. En los 90´s se inició el dragado y uso de los residuos en ladrilleras, generando una depresión de la zona, provocando una laguna con acumulación del agua de lluvia y la llegada de aguas negras municipales de Guadalupe y la ciudad Zacatecas. Actualmente está llena con agua de lluvia, es un atractivo turístico, en los 90´s fue granja piscícola sin éxito debido a las épocas de mayor sequía. Después varios grupos de investigación alertaron

contaminación por metales en la zona e intoxicación con Pb en habitantes. SEMARTNAT en 2002 redujo la dispersión de metales agregando tierra sobre los desechos mineros, limitó las autorizaciones en el uso de los desechos mineros en la elaboración de ladrillos y la re-extracción, y se recomendó favorecer la presencia del espejo continuo de agua en la presa. El trabajo que se presenta tiene los objetivos de caracterización del agua y suelo de la presa en propiedades fisicoquímicas, conc. [Pb, Hg y As]; descripción de las plantas silvestres y su microbiota para la bioremediación y la detección de datos de toxicidad en la población adolecente y adulta del poblado La Zacatecana con marcadores moleculares de daño.

Materiales y Métodos

La Presa la Zacatecana está localizada en las coordenadas 22°44´50´´ N y 102°20´10´´ O, en el Municipio de Guadalupe, Zac. En los últimos 5 años la presa ha mantenido agua, aunque en años previos la desecación dio lugar a actividades agrícolas. El muestreo de suelo y vegetación fue en 12 puntos posicionados con GPS a 2 m de la laguna. El agua se obtuvo de la parte superficial a 2 m de la orilla, sin agitar la superficie. La presa El Fuerte fue sitio control. El transporte de muestras se realizó a 4ºC hasta el laboratorio y conservadas a la misma temperatura hasta los diversos análisis fisicoquímicos y microbiológicos. La caracterización fisicoquímica de suelo se realizó bajo la norma NOM-021-SEMARNAT-2000, se analizó humedad, pH, materia orgánica a partir de nitrógeno orgánico. La concentración de As, Hg y Pb fue por espectrometría-ICP-plasma, después de digestión ácida con HNO_3. La actividad microbiana fue determinada por consumo de O_2 con el sensor comput-OX AV4R El aislamiento de bacterias se realizó en 10 g de suelo con extracción en solución de fosfatos a pH 7. De la extracción se realizaron diluciones para siembras en medio sólido LB para el crecimiento de bacterias y en MSA para hongos. Los medios fueron suplementados con $HgCl_2$ 0.07 mM, 0.08 mM y 1.20 mM de $Pb(NO_3)_2$ para valorar sensibilidad. Para estudiar la población humana se seleccionó una muestra aleatoria (n=120) con 60 adolescentes y 60 adultos, previo consentimiento informado y permisos de los hospitales regionales de especialidad y la secretaria de salud. Se realizaron diferentes encuestas, historias clínicas y nutricionales, evaluaciones en sangre: Pb, actividad de d-ALA-D, oxidación de lípidos, capacidad antioxidante, enzimas antioxidantes, apoptosis de eritrocitos, glucosa, colesterol total y HDL; examen general y tioeteres en orina; electrocardiograma y espirometría.

Resultados y Discusión

El suelo que bordea a la presa La Zacatecana corresponde a un suelo Franco-Arcilloso, con conductividad eléctrica (CE) de 2.1 dS m^{-1}, pH alcalino de 8.3, $[SO_4]$ de 11.7 meq L^{-1}, [Fe] de 59.4 mg Kg^{-1}, [Mn] de 83.4 mg Kg^{-1}, [P] de 92.87 mg Kg^{-1} y 1.9% de materia orgánica. El agua de la presa tuvo las siguientes características: pH de 9.0, la CE de o.52 dS m^{-1}, la $[NO_3]$ de 1.7 mg L^{-1}, [Mg] de 19.0 mg L^{-1}, [Fe] de 0.40 mg L^{-1}, [Mn] de 0.02 mg L^{-1}, $[SO_4]$ de 26.4 mg L^{-1}, $[CO_3]$ de 38.0 mg L^{-1} y $[HCO_3]$ de 102 mg L^{-1}. En el caso de la [Pb] en el suelo de La Zacatecana se encontraron valores de entre 55 (sureste), 164 (suroeste), 285 (noroeste) y hasta 1475 mg Kg^{-1} (noreste). La norma oficial indica que la [Pb] en el suelo no debe de exceder de 400 mg Kg^{-1} (NOM-147-SEMARTAT/SSA-2004). Los resultados indican que solo en la parte noreste se encuentra una contaminación con plomo de 3.7 veces la concentración aceptada por la norma. Para la [Pb] en el agua de La Zacatecana se encontraron valores promedio de 0.25 ± 0.12 mg L^{-1}, sin predominio en ninguna de los sitios de donde se obtuvieron las muestras. La norma oficial indica que la [Pb] en el agua no debe de exceder de 0.5 mg L^{-1} (NOM-001-SEMARNAT-1996). El plomo no excede las concentraciones aceptadas por la norma en agua. La [Hg] en el suelo de La Zacatecana se encontró con valores de entre 15 (sureste), 36 (noroeste) 39 (suroeste) y hasta 160 mg Kg^{-1} (noreste). La norma

oficial indica que la [Hg] en el suelo no debe de exceder de 23 mg Kg^{-1} (NOM-147-SEMARTAT/SSA-2004). La zona noreste y sureste exceden discretamente la norma, la zona sureste no excede la norma y la zona noreste excede en 6.9 veces la norma. Para el caso la [Hg] en el agua de La Zacatecana se encontraron valores promedio de 0.40 ± 0.05 mg L^{-1}, sin predominio en ninguna de los sitios de donde se obtuvieron las muestras. La norma oficial indica que la [Hg] en el agua no debe de exceder de 0.01 mg L^{-1} (NOM-001-SEMARNAT-1996). El mercurio se encuentra en concentración 40 veces mayor en el agua con respecto a los valores mínimos de la norma. En el caso de la [As] en el suelo de La Zacatecana se encontraron valores de entre 13 (sureste), 24 (suroeste), 31 (noroeste) y hasta 125 mg Kg^{-1} (noreste). La norma oficial indica que la [As] en el suelo no debe de exceder de 22 mg Kg^{-1} (NOM-147-SEMARTAT/SSA-2004). En este caso se encuentra por debajo o en límite de la norma en el sureste y el suroeste, excede discretamente la norma en la zona noroeste y en el noreste es 5.7 veces mayor en el noreste, con respecto a la norma. Para el caso la [As] en el agua de La Zacatecana se encontraron valores promedio de 0.68 ± 0.10 mg L^{-1}, sin predominio en ninguna de los sitios de donde se obtuvieron las muestras. La norma oficial indica que la [As] en el agua no debe de exceder de 0.4 mg L^{-1} (NOM-001-SEMARNAT-1996). Excediendo 3.4 veces la aceptada por la norma. En la presa El Fuerte se encontraron concentraciones consistentemente por debajo de la norma y todas evidentemente debajo de las concentraciones encontradas en la presa de La Zacatecana: [Pb] de 13.5 mg Kg^{-1}., 9.5 mg Kg^{-1}, 2.2 mg Kg^{-1}, para la [Pb], [Hg] y [As] en tierra, respectivamente. Para el caso de la concentración de metales contaminantes en el agua en la presa El Fuerte se encontró la misma concentración de los elementos estudiados que los encontrados en la presa La Zacatecana: la [Pb] de 0.25 ± 0.03, la [Hg] 0.42 ± 0.02 y la [As] 0.68 ± 0.02. Por lo cual con excepción del plomo, Hg y As rebasan la norma y de manera sorprendente las tres concentraciones son similares a las de la presa La Zacatecana, lo que indica que la presa El Fuerte no fue buen control de comparación para la presa La Zacatecana en lo que respecta a la contaminación del agua. El análisis de la composición general de plantas, hongos y bacterias en tierra y la de hongos y bacterias del agua en la presa La Zacatecana, será presentado y discutido en el seminario. La evaluación clínica, las pruebas de laboratorio y de gabinete de la población de adolescentes y adultos que viven en La Zacatecana indican que no hay evidencia de intoxicación por As, Hg y Pb, ya que no se encuentran datos de daños oxidativos, apoptosis de los eritrocitos, ni pruebas moleculares de daño, que indiquen efecto de los contaminantes ambientales. La población mostró índices de obesidad sarcopénica, alteraciones renales, cardiovasculares, pulmonares y gastrointestinales similares a las encontradas en la encuesta nacional de salud. Mientras que las alteraciones en piel y los daños a conjuntivas oculares están por arriba del registro en la encuesta nacional de salud, sin poder ser asociado a problemas de contaminación ambiental. La prueba de tioéteres en orina no mostraron alteración que indique compensaciones metabólicas para resistir toxicidad por agentes contaminantes. Los resultados serán discutidos en el seminario. En tal caso se iniciaron trabajos para estudiar la biodisponibilidad de As, Hg y Pb en tierra de las diferentes zonas de la presa para tratar de explicar la falta de daños tóxicos en la población de la zona contaminada. Así mismo se realizan los estudios correspondientes para hacer las propuestas de biorremediación en la zona y los cuidados de salud en la población.

Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado por el FOINS 214108.

Referencias

Basta N. T., Ryan J. A. y Chaney R. L. (2005). Trace element chemistry in residual–treated soil: Key concepts and metal bioavailability. J. Environ. Qual. 34, 49–63.

Sparks D. L. (2003). Environmental soil chemistry. Academic Press, San Diego, pp 352.

Zetina, R MC. (2011) La vida cotidiana en un territorio contaminado La Zacatecana, en Guadalupe, Zacatecas. Tesis de Doctorado. Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social. Pp 5-247.

SEMARNAT. (2002). Plan de acción de la Presa La Zacatecana para la contención de metales pesados. Municipio de Guadalupe, Zacatecas. Pp 4-59

Aguilar-Dorado. Itzel C., Hernández Gerardo, Quintanar Escorza Martha, Maldonado-Vega María, Rosas-Flores Margarita, Calderón J. Víctor (2014). Eryptosis in lead-exposed workers. Toxicology and Applied Pharmacology. TAAP-D-14-00493R1.

Adela-Leonor Rendón-Ramírez, María Maldonado-Vega, Martha-Angélica Quintanar-Escorza, Bertha-Isabel Arévalo-Rivas, Alejandro Zentella-Dehesa and José-Víctor Calderón-Salinas. (2014). Effect of vitamin E and C supplementation on oxidative damage and total antioxidant capacity in lead-exposed workers. Environmental Toxicology and Pharmacology. Vol. 37(1):45-54. ISSN:1382-6689

Calderón-Salinas JV & Maldonado-Vega M. Contaminación e Intoxicación por Plomo. Editorial Trillas, México, D.F. 1-123. (2008). ISBN 978-968-24-6694-6

UTILIZACIÓN DE HONGOS MICORRÍCICOS ARBUSCULARES, COMO ALTERNATIVA PARA LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON METALES PESADOS

Carreón-Abud, Y.[1*]

[1]**Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. México.**

*Autor responsable: ycabud@gmail.com; Calle General Francisco J. Múgica S/N, Ciudad Universitaria, Col. Felicitas del Río, Morelia, Michoacán. México. CP. 58030; Tel. +52(443)2273541

Resumen
Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) se asocian con la mayoría de las plantas angiospermas y les confieren efectos benéficos en el proceso de absorción de algunos nutrientes. Se ha reportado que en muchos casos los HMA pueden conferirle mayor tolerancia a las plantas ante la presencia de metales pesados. En este trabajo se presentan algunos estudios realizados con diferentes inóculos de HMA, en donde se demuestra la protección que estos hongos le confieren a las plantas, aminorando los efectos nocivos de los Metales Pesados (MP), aumentando el desarrollo vegetal, y la resistencia a la toxicidad por MP, afectando la biodisponibilidad de los MP en el suelo y la captación de estos por las plantas, y por tanto se sugiere que los HMA se han convertido en los organismos simbióticos más destacados para la contribución a la fitorremediación.

Palabras clave: **Hongos micorrízicos arbusculares, biorremediación, metales pesados.**

Introducción
Los Metales Pesados (MP) se encuentran principalmente en ecosistemas terrestres o acuáticos aunque también pueden ser emitidos a la atmósfera. Para las plantas terrestres la raíz es el órgano que entra inmediatamente en contacto con los iones metálicos. En la adquisición de la interfase planta y suelo, la homeostasis de los MP esenciales debe estar bien controlada por la planta para estabilizar la deficiencia o el exceso de estos. Los MP son absorbidos por sistemas específicos, pero a altas concentraciones pueden entrar a la célula por transportadores no específicos. Los MP no esenciales pueden entrar a la raíz por difusión pasiva, pero también pueden usar transportadores de baja afinidad con cierta especificidad (Hall and Williams, 2003).
En altas concentraciones, los MP interfieren con actividades enzimáticas esenciales por modificación de la estructura proteica o por el reemplazamiento de elementos vitales dando como resultado síntomas de deficiencia en la planta. Como una consecuencia, se presentan en la planta los síntomas de toxicidad tales como clorosis, retraso en el crecimiento, obscurecimiento en raíces, efectos en los dos fotosistemas, arresto en el ciclo celular y otros síntomas. Las plantas han desarrollado varios mecanismos para mantener la homeostasis para concentraciones elevadas de MP (Hall, 2002). Los principios básicos de los mecanismos de decodificación incluyen la quelación extracelular de los MP por los exudados de la raíz o por unión de los MP en las paredes celulares de la rizodermis. Existen también dos estrategias principales que utilizan las plantas para unirse a los MP en el suelo (fitoestabilizacion) o para importar y guardar los MP en los tejidos de la plantas (fitoextraccion).

Las Hongos micorrízicos arbusculares (HMA) se encuentran en el suelo en la mayoría de los ecosistemas, incluyendo suelos contaminados. Los HMA aumentan el estado nutricional de sus hospederos (las plantas), por medio de adquisición de fosfatos y micronutrientes. Similarmente, los MP también son absorbidos por la vía de la hifa del hongo y pueden ser transportados por la planta. De esta manera, en algunos casos las plantas micorrizadas pueden demostrar aumento en la toma de MP y éstos pueden ser transportados de la raíz al tallo (fitoextraccion), mientras que otros casos los HMA contribuyen a la inmovilización de los MP dentro del suelo (fitoestabilización). El resultado de la eficiencia de colonización micorrízica como descontaminante de suelos depende de la combinación de la planta/hongo/MP y de su influencia en las condiciones del suelo (Gaur and Adholeya, 2004).

El efecto de la inoculación con HMA sobre la acumulación de metales es variable entre las diferentes especies de plantas (Malcova *et al.,* 2003), dependiendo del metal pesado, y el HMA que interacciona en las especies de plantas (Kaldorf *et al.,* 1999). Un rango de factores como son las propiedades inherentes del hongo, la capacidad de captar el metal pesado por las plantas y la absorción del suelo, son características que pueden influenciar la captación del metal en el suelo por las plantas micorrizadas (Leyval and Weissenhorn, 1996). Existen reportes de que las poblaciones nativas de HMA aislados de suelos contaminados con metales presentan algunas adaptaciones potenciales para soportar el estrés del metal; Gidon y Tinker, 1981, aislaron una cepa micorrízica del suelo con tolerancia a 200 mg/Kg de Zn. Similarmente Weissenhorn *et al.,* 1993, aislaron HMA de los suelos con metales pesados, los cuales eran más resistentes al cadmio que otros HMA de la misma especie que no fueron aislados de ese suelo

En un estudio realizado por Aguilar y Carreón, 2004, se estudiaron esporas de hongos micorrizícos que fueron aisladas de suelos contaminados con metales pesados. Los análisis mostraron un alto porcentaje de aluminio presente en el suelo, debido a que la industria de peletería de León Guanajuato, que desaloja sus desechos sobre estos suelos y por lo tanto hay presencia de sustancias nocivas como son el aluminio y el cromo. Las esporas de HMA más abundantes que fueron aisladas de estos suelos se incluyeron dentro del género *Glomus*, la más común y numerosa se identificó como *Glomus geosporum*, que es una especie indicadora de perturbación que se ha encontrado en la mayoría de los suelos contaminados con metales pesados (Gaur and Adholeya, 2004). Los datos obtenidos en este trabajo coinciden con un trabajo realizado en la India por Sambandan *et al*., 1992 donde se encontró a *Glomus geosporum* en cantidad de 622 esporas por cada 100 gramos de suelo. Los resultados de germinación mostraron que *Glomus geosporum* estimuló su proceso germinativo cuando estaba presente el aluminio en la más alta concentración (200 µM). Esto sugiere que dicha especie sea una cepa adaptada a condiciones de altas concentraciones de aluminio.

El jitomate (*Solanum lycorpersicum*) es un cultivo de gran importancia en México y en la mayoría de los casos se aplica agua de riego proveniente de embalses a los cuales llegan desechos domésticos e industriales. Carreón, *et al*., 2013 determinaron el efecto que tienen los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en la protección de plantas de jitomate en suelos suplementados con diferentes concentraciones de Cr: 1000 ppm (3,9 mM), 3000 ppm (10,2 mM) y 6000 ppm (20,4 mM). Los resultados mostraron que la presencia del Cr incrementa la colonización micorrízica, como una posible estrategia de la planta que contribuye a reducir los efectos nocivos del metal; La supervivencia de las plantas fue mayor en presencia de HMA en presencia de Cr a 6000 ppm; La inoculación con HMA tuvo un efecto protector en las plantas inoculadas con Cr, en el peso seco de la raíz y el tamaño de la parte aérea.

Gavito *et al*., 2014, examinaron la tolerancia de la especie de hongo micorrízico arbuscular *Rhizophagus irregularis* en cultivo in vitro con raíces de zanahoria transformada (*Daucus carota* L.). Estos cultivos excluyen a la interferencia de otra microbiota. Se estudió el desarrollo de las raíces y el micelio externo de R. *irregularis* en cultivos axénicos y monoxénicos y con concentraciones crecientes de Al y Pb. Los resultados mostraron que la biomasa de raíces tendió a disminuir con el

aumento de las concentraciones de Al y tendieron a aumentar con la mayor concentración de Pb. Sin embargo, el Al o Pb no redujeron la biomasa del micelio externo de R. *irregularis.* Por el contrario, ambos metales promueven el crecimiento del hongo en las concentraciones más altas. Estos resultados muestran una respuesta diferencial de las raíces y el micelio de micorrizas a la exposición del metal. Ellos sugieren que el desarrollo del micelio micorrizíco, se encuentra más limitado indirectamente a través de la inhibición del crecimiento de la raíz y la escasez de la planta por la toma de carbono que por su tolerancia al aluminio.

En otro estudio realizado por Carreón *et al*, 2016 (datos no publicados) en plantas de maíz se cuantificaron los efectos del aluminio sobre el desarrollo y la colonización micorrízica en raíces, utilizando 3 inóculos de HMA y la microbiota asociada a la hifósfera de los HMA; el experimento tuvo dos factores: a) aluminio en suelo (0, 50 y 100 ppm) y b) inóculos de HMA (*Acaulospora delicata*, *Gigaspora margarita*, población nativa de un suelo contaminado y un testigo sin HMA); el maíz de la variedad NB9 se sembró en un sistema de PVC con un compartimiento central en el que se inocularon los HMA, y un compartimiento lateral sin raíces donde creció sólo el micelio de los HMA y los microorganismos asociados a la hifósfera y en donde fueron colocadas las diferentes concentraciones de Al; los resultados mostraron que concentraciones de hasta 100 ppm de aluminio no alteraron el crecimiento de las plantas ni de los HMA en las raíces del maíz; el inóculo de la población nativa proporcionó mayor altura y peso a las plantas con respecto a *A. delicata* y *G. margarita* y el testigo, los cuales fueron similares entre sí.

Conclusiones

- Los inóculos de HMA prometen ser una herramienta para los esfuerzos de remediación de los suelos, ya que aminoran los efectos de los MP en las plantas.
- El efecto protector de los HMA en la plantas depende de la especie de HMA involucrada en la simbiosis, la especie de planta a la cual se asocian, el tipo de MP y su concentración disponible en el suelo.

Referencias

Aguilar, L. y Y. Carreón. 2004. Germinación in vitro de esporas de Hongos micorrizícos arbusculares a diferentes concentraciones de Aluminio. Tesis profesional. Facultad de Biología. UMSNH. Michoacán, México. 65 pp.

Carreón-Abud, Y., M.A. Beltrán-Nambo and M.M. Trujillo. 2013. Efecto protector de los hongos micorrízicos arbusculares en plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum*) expuestas a Cr (VI). Phyton. 82: 127-134.

Gavito, M.E., Y.C. Abud, Y. M. Sántiz, M.M. Trujillo, C.G. Delgado and J.R.E. Rivera. 2014. Effects of aluminum and lead on the development. Environ Eng Manag J. 13: 2357-2361.

Gaur, A. and A. Adholeya. 2004. Prospects of arbuscular mycorrhizal fungi in phytoremediation of heavy metal contaminated soils. Current Sci. 86:528–534.

Gidon, A. and P.B. Tinker. 1981. A heavy tolerant strain of mycorrhizal fungus. Trans Br. Mycol. Soc. 77: 648-649.

Hall, J.L. 2002. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. J Exp Bot. 53:1–11.

Hall, J.L. and L.E. Williams. 2003. Transition metal transporters in plants. J Exp Bot. 54:2601–2613.

Kaldorf, M., A.J. Kuhn, W.H. Schröder, U. Hildebrandt and H. Bothe. 1999. Selective element deposits in maize colonized by a heavy metal tolerance conferring arbuscular mycorrhizal fungus. J Plant Physiol. 154:718–728.

Leyval, C. and I. Weissenhorn. 1996. Tolerance to metals of arbuscular mycorrhizal fungi from heavy metal polluted soils. A summary of results, p. 452–454. En: Azcón–Aguilar, C. and J. M. Barea (eds). Mycorrhizae in integrated systems: from genes to plant development. European Commission, Brussels. Belgium.

Malcova, R., M. Vosátka and M. Gryndler. 2003. Effects of inoculation with *Glomus intraradices* on lead uptake by *Zea mays* L. and *Agrostis capillaries* L. Appl Soil Ecol. 23: 55 – 67.

Sambandan, K., K. Kannan and N. Raman. 1992. Distribution of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in heavy metal polluted soils of Tamil- Nadu, India. J Environ Biol. 13: 159-167.

Weissenhorn, I., C. Leyval and J. Berthelin. 1993. Cd-toleran arbuscular mycorrhizal (AM) fungi from heavy metal polluted soils. Plant Soil. 157: 247-256.

Carteles

División I:

DIAGNÓSTICO METODOLOGÍA Y EVALUACIÓN DEL RECURSO SUELO

CONTENIDO DE METALES EN SUELOS AGRÍCOLAS AFECTADOS CON AGUAS RESIDUALES EN COMUNIDADES DE ATLIXCO Y OCOYUCAN, PUEBLA

Avila-González, D.A.[1*]; Parra-Gallegos, F.[1*]; Tamariz-Flores, J.V.[1]; Castelán-Vega, R.[1]; Hernandez-Aldana, F.[1]; Gil-Juárez, C.[1]

[1]Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Puebla. México

*Autor responsable: diana_edu30@hotmail.com * Autor responsable: vox.ex@hotmail.com ; Calle 14 sur Núm. 6301, Col. San Manuel, Puebla, Puebla. México. CP 72570; Tel. +52(222) – 2295500 - Ext. 7354

Resumen

En la presente investigación se expone el análisis y diagnóstico en la evaluación de los parámetros fisicoquímicos y elementos contaminantes presentes como son los metales pesados, en suelos agrícolas de dos comunidades del valle de Atlixco y uno de Ocoyucan, en el estado de Puebla, que han sido sometidos al riego, por más de 70 años con aguas residuales del rio Atoyac, de origen municipal e industrial se realizó un monitoreo en esta zonas, durante 6 meses, para tal efecto se recolectaron 23 muestras en diferentes sitios como: pozos, manantiales, canales principales y secundarios de las zonas correspondientes, así como 19 muestras compuestas para la evaluación correspondiente de los suelos. Las pruebas experimentales se cuantificaron con base a metodologías recomendadas por instituciones y las normas oficiales mexicanas detectado metales pesados solubles en agua en el siguiente orden Pb < Zn < Cu < Cr con valores promedio de 0.5; 0.18; 0.17; 0.03 mg L^{-1} respectivamente, así como en suelo, Cr>Pb>Zn>Cu dando valores de concentraciones promedio 1045>235>250>40 mg Kg $^{-1}$ respectivamente. Por tanto, es necesario darle a la población el conocimiento suficiente de los efectos adversos de dichos contaminantes debido a que los suelos primordialmente son de uso agrícola como principal economía de las comunidades poblanas y sobre el papel ambiental que juegan nuestros recursos naturales para su mejor aprovechamiento.

Palabras clave
Suelo; agua residual; metales pesados

Introducción

La región de Atlixco y Ocoyucan, Puebla se caracterizan por tener un alto potencial hortícola favorecido por diferentes sistemas de irrigación, además de diversas fuentes hidrológicas como aguas de pozos profundos, manantiales, aguas residuales del Rio Atoyac así como almacenamiento de aguas negras del Rio Nexapa en jagüeyes.

A su vez la productividad de los suelos de cultivo es favorecida por las condiciones climáticas que prevalece en la región, lo que ha permitido la explotación de una diversidad de hortalizas como: maíz,

nopal, ejote, cebolla etc. Bajo este criterio el agua de riego toma una gran importancia en la producción agrícola la cual se ve reflejada en el desarrollo social y económico de sus pobladores.

Sin embargo, la problemática en esta región se caracteriza por el uso de las aguas tanto negras como residuales en el riego, presentado condiciones desfavorables y de riesgo a la salud debido a la presencia de metales pesados en el agua y su aplicación directa en los cultivos, lo cual ha ocasionado al productor perdidas económicas debido a la poca distribución y venta de sus productos, por lo consiguiente numerosos productores han optado por cambiar el cultivo de hortalizas por cultivos forrajeros o florales. Esta opción no resuelve el problemática para la mayoría de los productores, ya que la tradición de los productores durante años favorecieron la producción de cultivos hortícolas aunado a grandes ingresos económicos debido a las cosechas.

En la zona se han realizado diferentes estudios de diagnóstico, en base a estos y a la problemática se llevó a cabo esta investigación, la cual tuvo como objetivo determinar los niveles de contaminación por metales pesados en suelo y agua bajo condiciones actuales y su presencia en la zona. (Tamariz, 1996; Gonzalez,2008, Albert, 1990).

Materiales y Métodos

La zona de estudio se localiza en los municipios de Atlixco y Ocoyucan, al sureste de Puebla; particularmente comprendes las comunidades que Col. 10 de abril, San Juan Portezuelo y Emilio Portes Gil situados entre

Se realizaron varios recorridos de caracterización de sitio con la ayuda de GPS, las zonas de muestreo corresponden a pozo, manantial, pileta, canales de principales y secundarios de riego y suelos sometidos a constante riego. (Figura 1 y 2).

Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo de suelo

Se recolectaron 19 muestras de suelo a una profundidad de 0 al 30 cm, y las muestras de suelo se sometieron a los siguientes análisis fisicoquímicos: pH y conductividad eléctrica, además de los elementos contaminantes presentes, metales pesados (Pb, Cr, Zn y Cu), se realizó la digestión acida de las muestras correspondientes para determinar la presencia de metales por espectroscopia de absorción atómica por flama, bajo la norma NOM-021-RECNAT-2000.

Y las 23 de agua se caracterizaron fisicoquímica y químicamente la cual se incluye los metales pesados (Pb, Cr, Zn y Cu), todas las muestras se conservaron en refrigeración a 4 °C con base a la metodología propuesta NOM-003-SEMARNAT-1996 y NMX-AA-051-SCFI-2001.

Se realizaron análisis estadístico para la correlación entre los metales pesados y propiedades fisicoquímicas en ambos recursos a través del programa R- Commander RX 64 V3.2.3.

Figura 2. Ubicación de los sitios de muestreo de agua

Resultados y Discusión

Metales Pesados Solubles

Los resultados obtenidos durante la caracterización de los sitos, dan como resultado los siguientes valores presentes, en la muestras de agua se encontraron en siguiente orden decreciente Pb < Zn < Cu < Cr (con valores promedio de .5; .18; .17; .03 mg L^{-1}), dan como resultado la presencia de metales pesados variando su concentración conforme a la norma NOM-001-SEMARNAT-1996 , de comunidad a comunidad debido a la distancia, flujo del canal y de presencia de lluvias durante su colección obteniendo valores inferiores, conforme cambie la estación la concentración ira en aumento debido a que los metales sedimentados serán arrastrados por el cauce elevando la concentración nuevamente. Mientras tanto en las muestras de suelo obtenidas se encontraron valores Cr>Pb>Zn>Cu dando valores de concentraciones promedio 1045>235>250>40 mg Kg $^{-1}$ respectivamente tomando en cuenta Cu^{+3} encontrándose por arriba del límite permisible (< 20 mg/kg), para de Zn^{+2} (1-100 mg/kg),

Pb^{+2} (< 100 mg/kg) por lo establecido por la NOM-021-RECNAT-2000 y Cr^{+6} (<280 mg/kg) de acuerdo a la NOM-147-SEMARNAT/SSA12004.

Conclusiones

La presencia de Cr y Pb en aguas utilizadas para riego agrícola, que proceden del Rio Atoyac significan un peligro latente, ya que al acumularse en suelo puede acumularse y este pasar al cultivo y finalmente biocumularse en la persona generando problemas de salud a largo plazo.

Fundamentalmente debido al deterioro por contaminantes metálicos presentes en el suelo de la comunidad de Atlixco y Ocoyucan, Puebla se encuentra asociado en gran parte a la falta de conocimiento sobre el papel ambiental de los recursos naturales, sobre las fuentes potenciales de contaminación agua residuales - suelo, así como de los límites para su aprovechamiento en función de su productividad y acerca de las técnicas apropiadas para que pueda ser sustentable.

Agradecimientos

Quisiera agradecer a cada uno de los profesores y personal perteneciente al posgrado de Ciencias Ambientales, al Dr. Tamariz Flores por su valiosa tutoría en todo el proceso de realización de esta tesis y a mis sinodales Dr. Fernando Hernández Aldana y M.C Constantino Gil Juárez por permitir compartirles los hallazgos de esta investigación.

A los profesores y personal del Departamento de Ciencias Agrícolas (DICA) por el préstamo de las instalaciones y equipo para llevar a cabo los ensayos y pruebas necesarias durante esta tesis.

A las comunidades Col. 10 de Abril, San Juan Portezuelo y Emilio Portes Gil en Atlixco, Puebla por su apoyo y ayuda por llevar acabo el desarrollo experimental dentro de sus comunidades.

Referencias

NMX-AA-051-SCFI-2001. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación en 25 de marzo de 1980. Pág. 9 – 19

NOM-001-SEMARNAT-1996. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de Enero de 1997. Pág. 15 – 20

NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004

NOM-021-RECNAT-2000. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de Octubre de 1997. Pág. 1 – 85

Tamaríz F, J.V. 1996. Contaminación de suelos agrícolas por metales pesados en el municipio de Atlixco, Puebla. Tesis de Maestría en Edafología. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Gonzalez-Mendoza, D.,O. Grimaldo-Juarez, L. Cervantes-Diaz, (2008) los elementos potencialmente toxicos de las plantas de manglar, en interciencia, vol. 33.

Albert, A. L. 1990. Curso Básico de Toxicología Ambiental. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México, D. F.

CALIDAD DE BIOSÓLIDOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) DE SALTILLO, COAH., PARA USO AGRÍCOLA

Bolívar Duarte, M.[1*]; Pérez Romero, L.[2]; Álvarez Reyna, V.[3]; Sandino Salazar, R.[1], Gómez Lázaro A.[4]

[1] Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Depto. Riego y Drenaje, Saltillo, Coah. México.
[2] Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Depto. Recursos Naturales Renovables, Saltillo, Coah. México.
[3] Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Depto. Riego y Drenaje UL, Torreón, Coah. México.
[4] Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Alumno Irrigación, Saltillo, Coah. México

*Autor responsable: m_bolivard@hotmail.com; Calle Lerdo Núm. 570, Col. Zona Centro, Saltillo, Coah., México. CP 25000; Tel. +52 (844) -869-0040

Resumen

Los desperdicios generados por los hombres y los animales para fertilizar las tierras, se han utilizado desde los inicios de la agricultura; causando problemas tan grandes como la generación continua y progresiva de todo tipo de residuos sólidos, líquidos y gaseosos. Estos se han ido solucionando gracias a las tecnologías empleadas en el tratamiento y reuso de aguas residuales y la aplicación de los biosólidos producidos, teniendo como ejemplo la PTAR Saltillo, donde se plantearon los siguientes objetivos: Determinar la calidad y clasificar los biosólidos producidos de acuerdo a la NOM-004-SEMARNAT-2002., y, establecer la factibilidad de su uso en pastizales. Para lo cual se muestrearon y analizaron los lodos digeridos y deshidratados, determinándose su calidad y clasificación considerando la norma correspondiente, teniendo como resultado que los parámetros relacionados con la fertilidad no aplican. Sin embargo, el contenido de fósforo, potasio y materia orgánica fueron altos; en metales pesados y sólidos cumplieron con la norma; así como la parte biológica. Por lo que se concluye que la calidad de los biosólidos de la PTAR-Saltillo se encuentra dentro de la clasificación Clase A. Por lo tanto, se recomienda que estos biosólidos sean utilizados principalmente en pastizales.

Palabras clave:
Biosólidos. Tratamiento, Aguas residuales, Pastizales.

Introducción

Los desperdicios generados por los hombres y los animales para fertilizar las tierras, se han utilizado desde los inicios de la agricultura; Por lo que para la solución de estos problemas se requiere del tratamiento de aguas residuales y la utilización de los productos generados. Es por eso que la aplicación de lodos ha aumentado considerablemente. Esto es posible gracias a las tecnologías empleadas en el tratamiento y reuso de aguas residuales, mejorando algunos factores para la utilización de los lodos (biosólidos).

El uso de los biosólidos cada vez más, incrementa su grado de importancia en todo el mundo y es fomentado tanto por la Agencia de Protección Ambiental (U.S. EPA, 1995a) como también por distintos organismos e instituciones de los principales países desarrollados.
Las tres opciones más importantes para el uso y la disposición final de biosólidos son la disposición en rellenos sanitarios, la incineración y la utilización en la agricultura y bosques. La disposición en rellenos sanitarios y la incineración, a pesar de su viabilidad, representan un riesgo de contaminación para el suelo, las aguas subterráneas y el aire, además de que es un desperdicio de nutrimentos, que pueden ser utilizados en la agricultura, pastizales o bosques (Jurado *et al*., 2004). Morales (2008) resume los beneficios del uso de biosólidos en tierras agrícolas, bosques y pastizales recomendando la incorporación de la materia orgánica, mejorando la fertilidad del suelo y las propiedades biológicas, así como beneficiando a la sociedad. Las constantes investigaciones que se realizan han dado buenos resultados ofreciendo más alternativas para el uso de estos biosólidos, ya que su aplicación agrícola es fundamental para el sector productivo. Por lo anterior el trabajo realizado tiene los siguientes objetivos:

Objetivos

- Determinar la calidad y clasificar los biosólidos producidos en dicha PTAR de acuerdo a la NOM-004-SEMARNAT-2002.
- Establecer si estos biosólidos son factibles para la aplicación en pastizales.

Materiales y Métodos

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Saltillo, Coah, se encuentra ubicada en el Municipio de Ramos Arizpe, Coah., en las coordenadas geográficas 25°30'53.04" Latitud Norte y 100°58'5.30" Longitud Oeste, con una elevación de 1435 msnm (Figura 1).

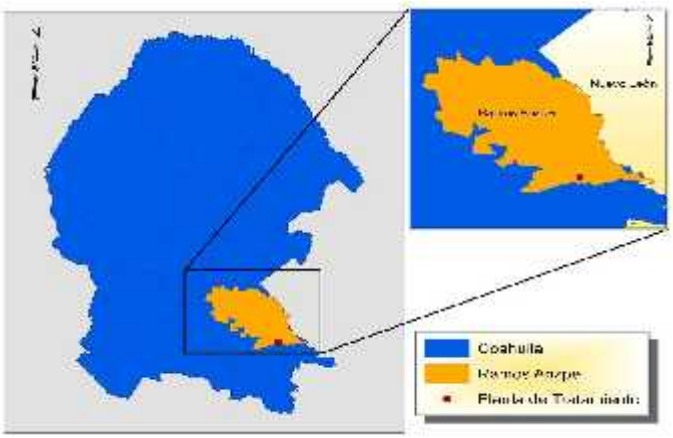


Figura 1. Ubicación de la PTAR de Saltillo, Coah.

La PTAR tiene una capacidad nominal de tratamiento de 1,200 lps (litros por segundo), tratando actualmente cerca de 940 lps con calidad secundaria y con venta actual de hasta 60,000 m^3 mensuales; el resto del agua residual tratada es descargada al arroyo los Cárdenas en el Municipio de Ramos Arizpe, Coah. El tratamiento de Agua Residual se hace a través del tratamiento de Lodos Activados, con coagulación-floculación en el sedimentador primario y cloración del efluente. Se tiene un tratamiento de lodos con digestión anaerobia y deshidratación por filtros banda. Las muestras de lodos

se tomaron en dos sitios: la primera en la fosa de almacenamiento de lodos digeridos y la segunda, en la disposición final.

Obtenidas las muestras, se llevaron al laboratorio de Calidad de Aguas en el Departamento de Riego y Drenaje en donde en donde se les determinaron el grado de fertilidad: Conductividad Eléctrica (CE), potencial de Hidrógeno (pH), Materia Orgánica (MO), Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K) metales pesados como son: As, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb y Zn. Además, Sólidos Totales (ST), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV), Sólidos Totales Volátiles (STV) y Sólidos Disueltos Totales (SDT). Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Coliformes Totales (CT), Coliformes Fecales (CF) y Huevos de Helminto, parámetros considerados para la caracterización de los lodos (DOF, 2003).

Resultados y Discusión

A continuación, se muestran en el Cuadro 1., los resultados obtenidos del análisis de las muestras:

Cuadro 1. Parámetros obtenidos de las muestras de biosólidos (DOF, 2003).

PARÁMETRO	RESULTADO	NOM-004-SEMARNAT-2002
Conductividad Eléctrica (CE)	3.55	NA
Potencial de Hidrógeno (pH)	7.9	NA
Nitrógeno (N)	0.23 %	NA
Fósforo (P)	63.9 kg/ ha	NA
Potasio (K)	> 900 kg/ha	NA
Materia Orgánica (MO)	4.57 %	NA
Metales Pesados (último resultado - mes abril):		
- Arsénico (As)	< 5 mg/Kg	< 41 mg/Kg
- Cadmio (Cd)	< 2 mg/Kg	< 39 mg/Kg
- Cobre (Cu)	154.9 mg/Kg	< 1500 mg/Kg
- Cromo (Cr)	33.4 mg/Kg	< 1200 mg/Kg
- Mercurio (Hg)	3.06 mg/Kg	< 17 mg/Kg
- Níquel (Ni)	25.5 mg/Kg	< 420 mg/Kg
- Plomo (Pb)	95.1 mg/Kg	< 300 mg/Kg
- Zinc (Zn)	2, 503.2 mg/Kg	< 2800 mg/Kg
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	4, 980 mg/L	NA
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	3, 490 mg/L	NA
Sólidos Totales (ST)	6, 250 mg/L	NA
Sólidos Totales Volátiles (STV)	4, 400 mg/L	NA
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	2, 750 mg/L	NA
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)	68.4 mg/L	NA
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	1, 070 mg/L	NA
Coliformes Totales	< 2 NMP/100 cm^3	NA
Coliformes Fecales	< 2 NMP/100 cm^3	< 1000 NMP/g
Huevos de Helminto	0	< 1 helmintos/g
Salmonella spp.	< 3 NMP/ gBS	< 3 NMP/g

NA= No Aplica

La Conductividad eléctrica (CE) los clasifica como medianamente salinos lo que es un buen indicador, ya que los pastizales tienden a resistir niveles de sal elevados; el pH medianamente alcalino, lo cual indica que no hay una alta disponibilidad de los metales pesados a excepción de As y Cr, además de que no afectará la disponibilidad de los nutrimentos esenciales. Es medianamente rico en Nitrógeno, siendo benéfico para el desarrollo del cultivo y del pastizal, ya que no tiende a causarle un exceso de este elemento.

Los biosólidos tienen presencia de Fósforo y Potasio en cantidades elevadas, lo que puede ser de gran ayuda en las características nutricionales del suelo; el alto contenido de materia orgánica los recomienda como mejoradores del suelo, pues al incorporarse beneficiará la estructura mejorando la porosidad, eleva la Capacidad de Intercambio Catiónico (Cic), lo que disminuye los riesgos de erosión y cambios bruscos de pH.

Los metales pesados se encuentran dentro de lo normal, a excepción del Zinc que se presenta en una concentración poco elevada, pero, debido al valor del pH no se encuentra disponible. En base a los límites permisibles de los metales pesados de la NOM-004-SEMARNAT-2002 como lo reporta DOF, (2003) estos lodos se clasifican como excelentes.

En estos biosólidos se requiere una cantidad alta de oxígeno para que se pueda lograr la oxidación de la materia orgánica y la inorgánica, esto podría ser un factor importante a considerar. Respecto a los sólidos (SST, SSV, ST, STV y SDT), estos No Aplican (NA) para la norma anteriormente mencionada.

En lo que respecta a los Coliformes Totales (CT), Coliformes Fecales (CF), huevos de Helmintos y *Salmonella spp.*, se encontraron básicamente imperceptibles lo que ubica a estos biosólidos como clase A de acuerdo a los límites máximos permisibles para patógenos y parásitos en lodos y biosólidos de la NOM-004-SEMARNAT-2002.

Conclusiones

La calidad de los biosólidos de la PTAR-Saltillo se encuentra dentro de la clasificación A de la NOM-004-SEMARNAT-2002.

Así mismo estos lodos se clasifican como excelentes Clase A, de acuerdo a los límites máximos permisibles para patógenos y parásitos en lodos y biosólidos de la misma norma.

Por lo tanto, se recomienda que estos biosólidos sean utilizados para uso agrícola, principalmente en pastizales.

Referencias

Diario Oficial de la Federación (DOF). 2003. NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección ambiental.- Lodos y biosólidos.- Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. México, D.F.

Jurado, P.; Arredondo, T.; Flores, E.; Olalde, V. y Frías, J. 2007. Efecto de los biosólidos sobre la humedad y los nutrimentos del suelo y la producción de forraje en pastizales semiáridos. TERRA Latinoamericana, 25(2), 211 p.

Morales, M.F. 2008. Aplicación de biosólidos para rehabilitación de pastizales degradados: efecto sobre la vegetación. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Coahuila, México. 58 pág.

U.S. EPA. 1995a. Process design manual: Land Application of Sewage Sludge and Domestic Septage EPA/625/R-95/001. Cincinnati, OH. E.U.A.

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE PLOMO EN LOS SUELOS DEL CAMPO EXPERIMENTAL YACHAY

Carrera-Villacrés D[1,2]*, Sánchez-Gómez V[1], Guevara-García P[1,3], Yanez-Simba D[1], Grefa-Sánchez J[1], Hernández D[1]

[1]Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción -Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente. Grupo de Investigación en Contaminación Ambiental (GICA). Sangolquí, Pichincha. Ecuador
[2]Universidad Central del Ecuador - Facultad de Ingeniería Geología Minas Petróleo y Ambiental (FIGEMPA). Ingeniería Ambiental. Quito, Pichincha. Ecuador
[3] Universidad Santiago de Compostela – Departamento Edafología y Química Agrícola. Santiago de Compostela. España

*Autor responsable: dvcarrera@espe.edu.ec; Calle Av. Gral. Rumiñahui S/N Núm. s/n, Sangolquí, Sangolquí, Pichincha. Ecuador. CP 170501; Tel. +593 02 3989 400 ext 1701

Resumen

La ciudad de conocimiento Yachay, es un centro de investigación y educación superior, también es un parque industrial donde el 90% de la población practica la agricultura. La caracterización físico-químico del suelo permite obtener amplia información de sus propiedades. Los objetivos de este trabajo fueron caracterizar los suelos con parámetros como el pH, humedad, conductividad eléctrica, densidad real y aparente, porosidad y materia orgánica; también se planteó relacionar la biodisponibilidad y toxicidad del plomo para generar bases para futuros planes de control y contaminación de suelos agrícolas de la zona. Se utilizó el método de zig-zag seleccionando 10 puntos de muestreo georeferenciados en coordinación con la dirección de Gestión Ambiental de Yachay. Para la representación de estos datos se utilizó la interpolación IDW. El pH resultó de 8.14 promedio, el contenido de humedad estuvo asociado a un suelo franco-arenoso, la conductividad eléctrica fue 0,72 dS m^{-1}, la materia orgánica indicó suelos aptos para la agricultura. Se diseñó un experimento de contaminación por plomo en el suelo y se realizaron isotermas de adsorción. Así, los suelos de Yachay presentaron una textura franco-arenosa, los procesos de lixiviación y retención de plomo fueron bajos, un 15%de retención de plomo indicó que el plomo no se fija en los suelos de Yachay.

Palabras clave
Contaminación; lixiviación; Lagmiur

Introducción

El campo experimental de Yachay se encuentra la región 1 del Ecuador, cantón San Miguel de Urcuquí en Imbabura. Es un centro de investigación y educación superior. Alrededor de 1.000 hectáreas están destinadas al desarrollo de agricultura experimental y agroindustria, que apuntalen al cambio de la matriz productiva en esta Zona del Ecuador (Yachay, 2012). El gobierno estime invertir aproximadamente 15 mil millones de dólares americanos en la Universidad Yachay.

En La ciudad del conocimiento Yachay se generarán proyectos de energía solar a través de paneles

fotovoltaicos, así, la contaminación por plomo en los suelos puede ocurrir pues la mayoría de baterías que almacenan la energía solar son fabricadas con éste metal.
Los metales pesados se encuentran generalmente como componentes naturales de la corteza terrestre, en forma de minerales, sales u otros compuestos. No pueden ser degradados o destruidos fácilmente de forma natural o biológica ya que no tienen funciones metabólicas específicas para los seres vivos (Angelova, 2004). Los metales pesados como el plomo son peligrosos porque tienden a bioacumularse en diferentes cultivos.

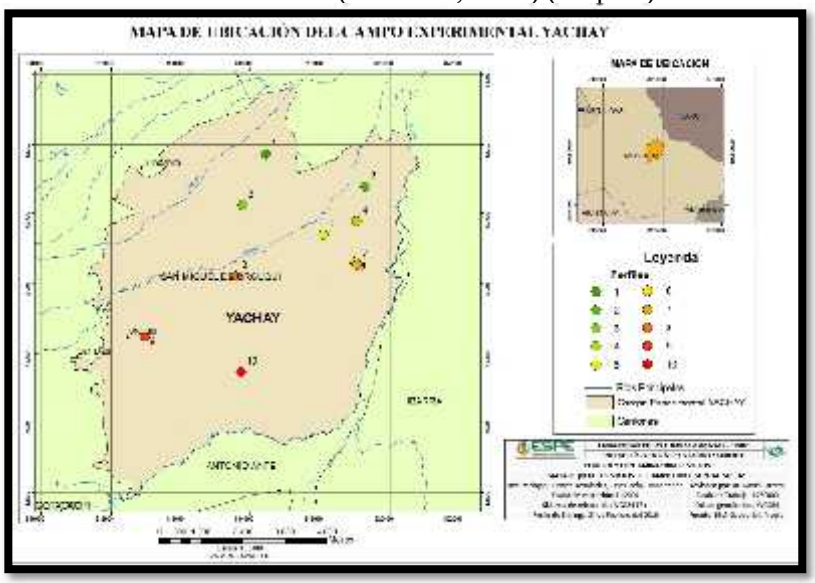
La bioacumulación significa un aumento en la concentración de un producto químico en un organismo vivo en un cierto plazo de tiempo, comparada a la concentración de dicho producto químico en el ambiente (Álvarez, 2005). Mediante un estudió de pH-Eh se puede mostrar la estabilidad de los compuestos metálicos y proporcionar un método fácil para predecir el comportamiento de los metales pesados frente a un cambio de las condiciones ambientales.

El objetivo de la investigación fue caracterizar a través de parámetros físicos y químicos en 10 perfiles y una muestra compuesta en los suelos del campo experimental Yachay como son: pH, humedad, conductividad eléctrica, densidad real, aparente, porosidad y materia orgánica y relacionar la biodisponibilidad y toxicidad del plomo desde el punto de vista agrícola para una línea base de futuros planes de control y contaminación de suelos.

Materiales y Métodos

Descripción de área de estudio

El área de estudio está ubicado entre los cantones Tumbabiro y San Miguel de Urcuquí, en Yachay comprende 4.489 hectáreas en la cordillera de los Andes al norte del Ecuador, a una altitud de 1,600 msnm y 3,180 msnm, con una temperatura promedio que oscila entre los 14ºC a 22ºC, posee una precipitación promedio anual de 0- 500 mm (INAMHI, 2014) (Mapa 1).



Mapa 1.- Ubicación del campo experimental Yachay

Métodos

En este trabajo se tomó en cuenta diez perfiles del suelo y una muestra compuesta de los anteriores a una profundidad de 20 cm. Los extractos acuosos suelo-agua fueron 1:5, 1:10 y saturación 1~0.2-

0.6. En el Cuadro 1 se presenta la metodología de los parámetros físicos y químicos medidos en las once muestras de suelo del campo experimental Yachay.

Cuadro 1.- Determinaciones físico- químicas en el suelo del campo experimental Yachay

PARÁMETRO	MÉTODO	REFERENCIA
pH	pH-métro Marca: HACH	APHA-4500 HB
Conductividad eléctrica	Conductivímetro Marca: HACH	APHA-2510.B
Densidad real	Picnómetro	NOM-021-RECNAT-2000
Densidad aparente	Probeta	Gandoy, 1999
Residuo Seco Evaporado	Gravimetría utilizando estufa	NOM-AA-341981 Procedimiento B
Residuo Seco Calcinado	Gravimetría utilizando mufla	NOM-AA-341981
Potencial Redox (Eh)	Marca: HACH	APHA-4500 HB
Plomo	Espectofotómetro Analyst 200	NOM-AA-2354

Elaboración de Isotermas

Las isotermas se elaboraron de acuerdo a la teoría que explica Hu y Apblett (2014). Se incorporó plomo al suelo y se obtuvieron los extractos, después, se obtuvo las curvas de lixiviación y se calculó el plomo fijo de cada muestra en mg $100g^{-1}$, finalmente, se tabuló los datos y se calculó la ecuación que mejor se ajustó al modelo (Carrera *et al.*, 2014).

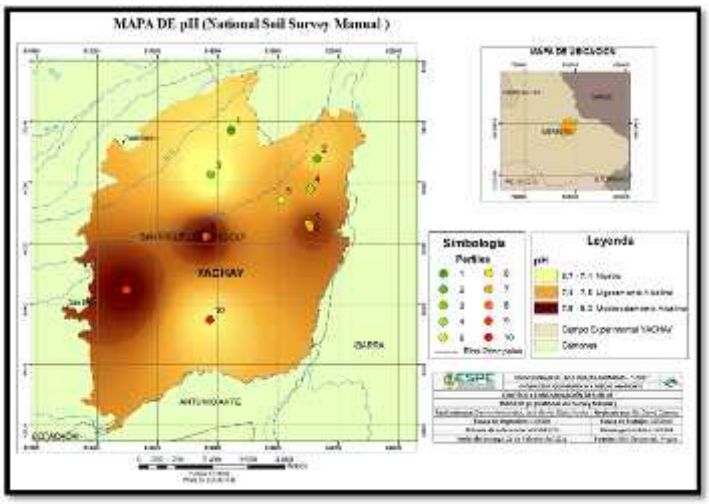
Elaboración de Mapas Temáticos

Los mapas temáticos se realizaron de acuerdo a la elección de la temática, de la elaboración de la geodatabase que se ingresó en un software GIS, se trasladó a la información geoespacial y se aplicó algebra de mapas y, finalmente se generó el mapa; parte de la metodología es propuesta por Soriano M. (1995). Para el análisis de los resultados y elaboración de los mapas se utilizó únicamente el extracto de saturación pues es considerado como el medio que da la mejor representación de las condiciones actuales del suelo con respecto al ambiente (SIAN, 1985).

Resultados y Discusión

pH

Los valores de pH en los diferentes perfiles de Yachay según la Norma Oficial Mexicana NOM–021–SEMARNAT–2000 tienden a ser medianamente básicos como se observa en el Mapa 2. La diferencia en cada punto se explica por la variabilidad de los suelos en general. Una de las maneras en las cuales se pudo ratificar los valores fue con una muestra compuesta (Valbuena, 2008).



Mapa 3.1.1.: pH del campo experimental Yachay

Conductividad eléctrica

La concentración total de sales solubles en las aguas de riego con fines de diagnóstico y clasificación se puede expresar en términos de conductividad eléctrica (Carrera. 2011). En el caso de los suelos de Yachay los valores varían en un rango de 0.093-1.778 dS m^{-1} (ver Cuadro 2.). Estos resultados afirman que los suelos no presentan ningún tipo de problema.

Cuadro 2.- Mediciones de conductividad eléctrica expresada en (dS m^{-1}) en los Perfiles de Yachay.

PERFILES	CE (dS m^{-1})			PERFILES	CE (dS m^{-1})		
	Saturación	**1:5**	**1:10**		**Saturación**	**1:5**	**1:10**
1	1.02	0.19	0.13	6	0.62	0.17	0.14
2	0.7	0.11	0.13	7	0.636	0.38	0.13
3	0.75	0.10	0.09	8	0.92	0.21	0.15
4	1.1	0.24	0.19	9	0.83	0.09	0.06
5	0.8	0.15	0.11	10	0.77	0.10	0.07
6	0.62	0.17	0.14	MC	0.3	0.18	1.77

La variabilidad de la conductividad eléctrica resultó muy baja en cada uno de los perfiles exceptuando el extracto de saturación de la muestra compuesta cuyo valor es el más alto siendo éste de 1.778 dS m^{-1}.

Densidad Real. Densidad Aparente. Porosidad

Los datos obtenidos en los diferentes perfiles del campo experimental de Yachay de densidad real, aparente y porosidad están representados en el Cuadro 3.

Cuadro 3.- Mediciones de densidad real, aparente y porosidad.

Perfiles	**Densidad aparente (g cm^{-3})**	**Densidad real (g cm^{-3})**	**Porosidad**	**Perfiles**	**Densidad aparente (g cm^{-3})**	**Densidad real (g cm^{-3})**	**Porosidad**
1	1.28	2.32	42.55	7	1.31	2.40	45.50
2	1.35	2.34	42.32	8	1.32	2.23	40.85
3	1.47	2.26	34.95	9	1.35	2.43	44.40
4	1.28	2.40	46.58	10	1.28	2.44	47.45
5	1.32	2.35	44.00	Mc	1.32	2.23	40.85
6	1.25	2.32	46.32	-	-	-	-

De acuerdo la NORMA Oficial Mexicana. NOM-021-RECNAT-2000 establece que los suelos ubicados en una densidad aparente de 1.0 a 1.9 g cm^{-3}, son suelos arcillosos. 1.2 a 1.32 g cm^{-3} francosos y mayores de 1.32 g cm^{-3} arenosos. Los datos obtenidos están dentro del rango de suelos minerales francosos.

El resultado de porosidad se encuentran en un rango de 45.85% a 46.32%, pertenecen a un suelo de textura franca, y según la USDA (2011) el suelo tiene una porosidad mediana y textura de tipo de suelo franca.

Humedad

Las muestras correspondientes a los suelos característicos del cantón Urcuquí, poseen una humedad respectiva como se puede observar en el Cuadro 4.

Cuadro 4.- Medición de la humedad en el extracto de saturación

Perfiles	Saturación Humedad (%)	Perfiles	Saturación Humedad (%)
1	16.00	6	13.00
2	11.00	7	22.00
3	7.85	8	3.00
4	8.60	9	2.00
5	9.73	10	8.60

Los suelos de la ciudad del conocimiento Yachay fueron clasificados como arenoso franco ya que su capacidad de campo correspondió a un 14% (Hurtado, 2013). Este valor indicó una infiltración baja. Como consecuencia el exceso de agua reduce el crecimiento al arrastrar los nitratos a una profundidad superior al alcance de las raíces de los cultivos, y al desplazar el aire contenido en el interior del suelo provoca la escasez de oxígeno en las raíces (Ibañez, 2006).

El agua que circula por el suelo al estar en contacto con elementos potencialmente tóxicos como As, Pb, Cd, Hg, bajaría el pH de la misma y afectaría a los cultivos. Por ello la humedad cumple un papel importante en estudios de contaminación de este recurso, mientras mayor sea la humedad existirá mayor movilidad de los elementos que posee el suelo o externos al mismo lo que implica consecuencias negativas a nivel de productividad de la planta o de contaminación del ecosistema (Hurtado, 2013).

Materia orgánica (MO)

De acuerdo al Cuadro 5 son suelos pobres en materia orgánica con concentraciones máximas en el horizonte superficial y con un patrón decreciente en profundidad (USDA, 2011). El valor máximo fue de 0.70% en el perfil 7 y un mínimo de 0.47 % en el perfil 8. En general los contenidos de materia orgánica dentro de los perfiles a una profundidad de 20 cm no tienen una amplia variación porque los diversos factores como pH del suelo, tipo de vegetación, humedad, usos del suelo presentan las mismas características. Sobre todo, para suelos de uso agrícola su porcentaje de materia orgánica varía entre 0.5-8% en los primeros 10-20 cm (Núñez. 1981).

Cuadro 5.- Mediciones de materia orgánica expresada en los Perfiles de Yachay

Perfiles	Mo %			Perfiles	Mo %		
	Saturación	1:5	1:10		Saturación	1:5	1:10
1	0.42	0.13	0.100	**7**	0.70	0.07	0.099
2	0.56	0.23	0.098	**8**	0.47	0.12	0.085
3	0.60	0.26	0.140	**9**	0.53	0.27	0.209
4	0.38	0.12	0.066	**10**	0.57	0.25	0.183
5	0.55	0.17	0.116	**Mc**	0.56	0.16	0.12
6	0.64	0.15	0.090	-	-	-	-

Isotermas

Se desarrolló varios modelos para cuantificar la cantidad máxima de Plomo que puede ser adsorbida sobre la superficie de los suelos del campo experimental Yachay. Para el análisis de la isoterma de adsorción se recurrió al modelo de Langmuir, ya que éste produce mejores resultados para la adsorción de plomo sobre varios adsorbentes y sus parámetros se determinaron por regresión lineal. Es de importancia tomar en cuenta el coeficiente de correlación lineal, dado que debe ser cercano a la unidad, para lo cual éstos datos fueron comparados con las correlaciones lineales calculadas en las ecuaciones de Freundlich y Lineal (Schmuh, 2001). El modelo de Freundlich escogido asume que las fuerzas intermoleculares disminuyen con la distancia, por tanto, predice que el Plomo, forma una monocapa sobre la superficie exterior del suelo (Wong, 2004).

Los resultados indican una baja capacidad de adsorción de Plomo sobre los perfiles de del campo experimental Yachay respecto a las concentraciones añadidas y su medición posterior. En el Cuadro 6 se aprecia el grado de retención de los perfiles estudiados, el cual se obtiene en la diferencia de la concentración añadida con la medida después en el equipo de adsorción atómica.

Cuadro 6.- Porcentaje de Pomo retenido en el extracto suelo.

Perfiles estudiados	% de Retención de Plomo en extracto Suelo
MC	**14,63**
3	**13,74**
4	**25,38**
9	**14,48**
10	**16,74**
Promedio	**15,00**

Conclusiones

Los suelos de la ciudad del conocimiento Yachay al ser analizados presentaron un promedio de pH de 8.14, es decir, son suelos ligeramente alcalinos. La humedad varió entre el 13 al 21% lo que significó suelos de textura franco-arenosos y con alta movilidad a los elementos potencialmente tóxicos en el caso de una contingencia ambiental. Con respecto al promedio de la densidad real, aparente y porosidad fue de 2.32 g cm^{-3}, 1.31 g cm^{-3} y 43% respectivamente corroborando que es un suelo franco. La conductividad eléctrica varió entre 1.778 dS m^{-1} en la muestra compuesta y 0.07 dS m^{-1} en el perfil 10, afirmando un suelo sin problemas. La MO en promedio fue de 0.54%, son suelos pobres. El análisis en relación al plomo permitió identificar el tipo de adsorción que tiene este metal pesado, Langmuir fue el que mejor se ajustó. Existió una menor adsorción en las primeras concentraciones estudiadas pero luego incrementaron. Los suelos de Yachay al ser de textura franco-arenosa su lixiviado no se da con gran facilidad al igual que la retención de plomo en el suelo. Finalizando el experimento se logró un porcentaje de retención del plomo en el suelo del 15% indicando una baja fijación de éste metal lo cual es un problema para las poblaciones que se ubican en la parte baja.

Referencias

Angelova V.. Ivanova. R.. Delibaltova. V. and Ivanov. K. 2004. Bio-accumulation and distribution of heavy metals in fibre crops (flax. cotton and hemp).

Álvarez. M.. Beltrán. R.I.. Prieto. F. and Poggi. H. 2005. A multivariate analysis of the accumulation and fractionation of major and trace elements in agricultural soils in Hidalgo State. Mexico irrigated with raw wastewater. Environmental International. Obtenido en línea: 0160- 4120-D 2004 doi:10.1016/j.envint.2004.08.002.

Carrera D. 2011. "Salinidad en suelos y aguasbsuperficiales y subterráneas de la cuenca evaporítica de Río Verde-Matehuala. San Luis Potosí.." Montecillo. México.

Carrera-Villacrés, D., Ortega, H., Ramírez J., Crisanto, T. Mayorga, E. 2014. Extracción de sales solubles en la cuenca de río Verde-Matehuala, San Luis Potosí, México. En Retos y Oportunidades en la Ciencia del Suelo. Impreso en España. pp. 161- 164

Hu, A y Apblett , A. 2014. Nanotechnology for water treatment and purification. Springer. p. 385

Hurtado, M., 2013. SEMARNAT. Obtenido en línea: http://relasc.org/relasc-docs-orden/menu-biblioteca/ponencias-de-eventos/mexico/foro-relasc-17-junio-2013/01-hurtado-nom-147.pdf

Ibáñez J. 2006. El Potencial Redox de los Suelos. Obtenido en línea: http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/01/28/83434

INAMHI. 2014. Red de estaciones metereológicas. Obtenido en línea: http://186.42.174.236/InamhiEmas/

NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. 2002. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Segunda sección: 13-15.

Núñez J. 1981. Fundamentos de Ecología. . Costa Rica. Obtenido en línea: https://books.google.com.ec/books?id=dpAcHUt7xxoC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false

SIAN (Sistema de Información Agrícola Nacional). 1985. FONAIAP Divulga. Revista. Venezuela. Obtenido en línea: http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/manuales_suelos/metodos_analiticos_suelos/VIII.pdf

Schmuhl, R.; Krieg, H. M.; Keizer,K. 2001 Adsorption of Cu(II) and Cr(VI) ions by chitosan: Kinetics and equi- librium studies.Water SA.

Soriano M. A. 1995. Methodology for elaboration of a hazard map of alluvial doline. Dpto. de Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, (3.3), 184-190 .

USDA. 2011. Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Obtenido en Línea http://soils.usda.gov/sqi/assessment/files/pH_sq_chemical_indicator_sheet.pdf

Valbuena G.. Martínez L.. Henao R. 2008. "Spatial variability of soil properties and yield relationship in a mango crop". Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal - SP. v. 30. n. 4. p. 1146-1151

Wong, Y. C.; Szeto, Y. S; Cheung,W. H.; MacKay, G. 2004. Adsorption of acid dyes on chitosan-equilibrium isotherm analyses.Process Biochemistry

YACHAY-Ciudad del Conocimiento. 2012. Obtenido en línea: http://www.yachay.gob.ec/yachay-area-academica/

Zotarelli. L.. Dukes. M. & Morgan. K. (2013). Interpretación del contenido de la humedad del suelo para determinar capacidad de campo y evitar riego excesivo en suelos arenosos utilizando sensores de humedad. Obtenido en línea: http://edis.ifas.ufl.edu/ae496.

COMPARACIÓN DE PROPIEDADES FISICAS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS, MINERALES, Y SUS MEZCLAS

Cruz-Crespo, E.[1]*; Can-Chulim, A.[1]; Bugarín-Montoya, R.[1]

[1]Universidad Autónoma de Nayarit, Programa de Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias. Xalisco, Nayarit. México.

*Autor responsable: ccruzc2006@yahoo.com.mx; Km. 9 Carr. Tepic-Compostela, Xalisco, Nayarit. México CP. 63780; +52 (311)-1035-343.

Resumen

Las propiedades físicas de los sustratos son consideradas las más importantes, tal como la porosidad total, porosidad de aire y la capacidad de retención de agua. No obstante, el valor de estas propiedades debe determinarse antes de llevar a cabo su uso, y más aún si se llevan a cabo mezcla de materiales, ya que pueden no ser adecuadas para el cultivo. En el presente trabajo se determinaron las propiedades físicas de los sustratos lombricomposta, tezontle, cascarilla de arroz y pumita, y también en las mezclas de éstos en diferentes proporciones, con el objetivo de observar relación entre las diferentes propiedades físicas. Los tratamientos se dispusieron bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Los sustratos se caracterizaron en sus propiedades tal como porosidad total, material sólido, porosidad de aire, capacidad de retención de agua, densidad aparente. Se concluyó que, al llevar a cabo mezclas de sustratos, posiblemente, los valores de las propiedades de los sustratos sin mezclar, tal como la densidad aparente puede influir en algunas propiedades de las mezclas como lo fue en la porosidad total, densidad aparente y capacidad de retención de agua.

Palabras clave

porosidad con aire; lombricomposta; densidad aparente.

Introducción

Existen diferentes materiales que pueden ser utilizados como medios de crecimiento, más un sustrato por sí solo, puede no cumplir con los requerimientos en cuanto a las propiedades físicas adecuadas para el crecimiento y rendimiento de los cultivos. Por tal motivo, se sugiere llevar a cabo mezclas de materiales (Cruz-Crespo *et al*., 2010). Moreno-Álvarez (2002) menciona que con la mezcla de materiales inertes con materiales orgánicos se pueden obtener buenas propiedades físicas y químicas, dado que la materia orgánica es un componente activo y su incorporación en el sustrato inorgánico mejora el espacio poroso, incrementa la retención de humedad y capacidad de intercambio catiónico, como por ejemplo el uso de la lombricomposta en mezcla con otros.

Por otra parte, Caron y Nkongolo (1999) mencionan que las propiedades físicas son más relevantes que las químicas, debido a que son difíciles de corregir después de establecer el cultivo, motivo por el cual desde el inicio deben ser las más apropiadas. En general, cuando se habla sobre propiedades físicas se señala a la porosidad total (PT), porosidad con aire (PA), capacidad de retención (CRA), más no se le da la importancia debida a la relación entre propiedades, así como tampoco a la densidad aparente (Da), que pueden ser determinantes en los resultados obtenidos. Por lo anterior, el objetivo

del presente trabajo fue caracterizar en sus propiedades físicas de PT, PA, CRA, y Da de los sustratos lombricomposta, tezontle, cascarilla de arroz y pumita, así como de mezclas de lombricomposta con otros sustratos, en proporciones crecientes y analizar su relación.

Materiales y Métodos

El trabajo experimental se llevó a cabo en el laboratorio de suelos de la Universidad Autónoma de Nayarit. Los materiales de lombricomposta (L), cascarilla de arroz (C), tezontle (T) y pumita (P) fueron obtenidos para estudio en su forma simple, o en mezcla en proporciones crecientes. Las mezclas consistieron de L/C, L/P y de L/T en las proporciones de 20:80, 35:65 y 80:100.
La lombricomposta consistió de hueso de mango-bagazo de caña-estiércol de bovino con tamaño de partícula de 0.1 a 0.3 mm; la cascarilla de arroz con tamaño de 9 mm de largo con 3 mm de ancho; el tezontle y la pumita se obtuvieron de minas de la región, el tamaño de partícula fue de 0.1 a 1 mm. De cada uno de los sustratos se obtuvieron sus propiedades físicas por triplicado, utilizando el porómetro de acuerdo a Pire y Pereira (2003). Estas fueron: porosidad total, material sólido, porosidad con aire (PA), capacidad de retención de agua (CRA), y densidad aparente (Da).

Resultados y Discusión

De acuerdo al Cuadro 1 se observa que de los materiales sin mezclar fue la cascarilla de arroz la de mayor porosidad total. En el material sólido se obtuvo respuesta contraria, es decir la cascarilla de arroz obtuvo el menor porcentaje de material sólido, lo cual resultó lógico dado el volumen del contenedor (Ansorena-Miner, 1994).

Considerando los resultados de los sustratos en mezcla, tal como lombricomposta-cascarilla y lombricomposta-pumita, en las diferentes proporciones, la PT fue igual a la que se obtuvo en lombricomposta sin mezclar. En cambio, la PT de las mezclas lombricomposta-tezontle contrastó con los de la lombricomposta sin mezclar y también con tezontle, presentando los valores más bajos, entre 49 y 53 % en promedio. En tanto, estas mezclas obtuvieron los valores más altos en el porcentaje del material sólido. Para lo anterior se encontró entre la PT y material sólido, una correlación negativa de -0.9992 con 0.0001 % de significancia. En general, la porosidad total disminuyó al mezclar sustratos de igual densidad aparente y de alto valor, en relación a las mezclas de materiales con alta y baja densidad aparente.

En cuanto a la densidad aparente los sustratos sin mezclar cascarilla de arroz y la pumita fueron las de menor valor e iguales entre sí, pero fueron diferentes de los sustratos lombricomposta y tezontle, los cuales también fueron iguales entre sí. Observando las mezclas de lombricomposta con cascarilla de arroz mostraron valores intermedios a los de los sustratos sin mezclar, lo mismo ocurrió con la mezcla lombricomposta y pumita. En cambio, la mezcla lombricomposta con tezontle en sus diferentes proporciones presentaron los valores más altos en su densidad aparente y superaron a la de los sustratos correspondientes sin mezclar en un 22 % en promedio.

De acuerdo a lo anterior, se observa que la PT y el material sólido de los sustratos sin mezclar o en mezcla, guardaron relación con la densidad aparente, donde el EPT y la densidad aparente obtuvieron una correlación negativa de -0.7970 con 0.0001 % de significancia, mientras que el material sólido y la densidad aparente fue de 0.7951 con 0.0001 %.

Se observó la mayor capacidad de aireación para el sustrato de cascarilla de arroz, seguido del tezontle, esto dentro del grupo de los materiales sin mezclar (Cuadro 1). Después les sucedieron las mezclas de lombricomposta con tezontle (L/T) con la más alta capacidad de aireación, donde las proporciones 65:35 y 20:80 fueron diferentes de 80:20. En seguida las mezclas lombricomposta con pumita (L/P) en las proporciones 65:35 y 20:80. Los valores más bajos de capacidad de aireación se registraron para la mezcla L/P, 20:80 y las mezclas de L/C, 80:20 y L/C, 65:35, después la pumita y lombricomposta sin mezclar. Por tanto, la propiedad de porosidad con aire en las mezclas de lombricomposta con cascarilla de arroz, no obtuvieron el mayor valor de PA, como era esperado, esto de acuerdo al valor de cascarilla de arroz.

En el caso de la capacidad de la retención de agua se obtuvieron, en general, valores más altos en aquellos sustratos donde la capacidad de aireación fue menor, como lo muestran los sustratos que consistieron de L/C, L/P, lombricomposta y pumita sin mezclar; en contraste con las mezclas de L/T en sus diferentes proporciones, así como la cascarilla de arroz y el tezontle que presentaron la capacidad de retención de agua más baja. Esta relación se corrobora con la correlación encontrada negativa entre capacidad de aireación y capacidad de retención de agua de -0.8392 con 0.0001%. Además, se pudo observar una tendencia similar a la propiedad de PT, ya que al mezclar sustratos con similar densidad aparente y el más alto valor, la capacidad de retención de agua fue la más baja.

De acuerdo a lo anterior, en general al llevar a cabo mezclas de sustratos, posiblemente, los valores de las propiedades de los sustratos sin mezclar, tal como la densidad aparente pueden influir en algunas propiedades de las mezclas como lo fue en la porosidad total, densidad aparente y capacidad de retención de humedad. Por lo anterior, se recomienda continuar con estudios relacionados, ya que son escasos los reportes.

Cuadro 1. Propiedades físicas de los sustratos lombricomposta, cascarilla de arroz, pumita y tezontle en su forma simple, y mezclas con lombricomposta.

*Letras iguales dentro de columna son estadísticamente iguales; PT = porosidad total; MAT SOL = material sólido; Da = densidad aparente; CRA = capacidad de retención de agua

Tratamiento	PT	MAT SOL	Da	PA	CRA
Lombricomposta (L)	65.00 B*	35.00 B	0.7349 B	5.25 H	59.75 A
Cascarilla de arroz (C)	83.00 A	17.00 C	0.5047 D	67.50 A	15.50 D
Pumita (P)	64.26 B	35.74 B	0.5745 C D	7.61 H	56.64 A
Tezontle (T)	71.08 B	28.91 B	0.7236 B	35.36 B	35.70 C D
L/C, 80:20	63.30 B	36.71 B	0.6571 B C	7.31 H	60.31 A
L/C, 65:35	64.26 B	35.73 B	0.6128 B C D	7.61 H	56.63 A
L/C, 20:80	71.18 B	28.80 B	0.5804 C D	12.83 G	58.33 A
L/P, 80:20	65.43 B	34.56 B	0.6887 B C	4.27 H	61.14 A
L/P, 65:35	62.82 B	37.17 B	0.6844 B C	15.11 F G	47.71 A B
L/P, 20:80	65.30 B	34.68 B	0.6766 B C	19.08 E F	46.20 A B
L/T, 80:20	49.30 C	50.60 A	0.9638 A	20.92 D E	28.38 C D
L/T, 65:35	53.21C	46.77 A	0.8414 A	26.03 C	27.19 C D
L/T, 20.80	49.93 C	50.06 A	0.8743 A	23.95 C D	25.98 C D
DMS	9.52	9.42	0.1314	4.50	15.38

Conclusiones

La porosidad total, densidad aparente y capacidad de retención de agua en las mezclas lombricomposta/cascarilla, lombricomposta/pumita se mantuvieron dentro del rango de valores obtenidos en los sustratos sin mezclar. Sin embargo, en la mezcla lombricomposta/tezontle ambas propiedades porosidad total y capacidad de retención de agua disminuyeron, en tanto que la densidad aparente aumento, esto en relación a los valores de los materiales sin mezclar. Los resultados obtenidos de las propiedades porosidad total, densidad aparente y capacidad de retención de agua en las mezclas de sustratos, se atribuyó al valor de la densidad aparente de cada uno de los sustratos antes de ser mezclados. Se obtuvo relación negativa entre la capacidad de retención de agua y porosidad con aire y porosidad total con densidad aparente.

Referencias

Ansorena-Miner J. 1994. Sustratos. Propiedades y Caracterización. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 172 p.

Caron J. and V. K. N. Nkongolo. 1999. Aeration in growing media: recent developments. Acta Horticulturae 481: 545-551.

Cruz-Crespo E., M. Sandoval-Villa, V. H. Volke-Haller, A. Can-Chulim y J. Sánchez-Escudero. 2012. Efecto de mezclas de sustratos y concentración de la solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3:1361-1373.

Moreno-Álvarez J. M. 2002. La materia orgánica y la capacidad de retención de humedad en sustratos. Agric. Orgán. 1: 23-25.

Pire R. y A. Pereira. 2003. Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela. Propuesta metodológica. Bioagro 15(1):55-63.

CARTOGRAFÍA EDÁFICA DIGITAL DEL ESTADO DE YUCATÁN: PROPIEDADES FÍSICAS

Estrada-Medina, H.[1*]; Morales-Guadarrama A.A.[2]; Hernández-Hernández, J.J.[3]; Espadas-Manrique C.M.[4]; López-Díaz M.[5]; Álvarez-Rivera O.[5]

1 **Cuerpo Académico de Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.**
2 Área de acuacultura, Instituto Nacional de Pesca. Centro Regional de Investigación Pesquera en Puerto Morelos, Quintana Roo.
3 Servicio Geológico Mexicano (SGM). Pachuca, Hidalgo, México.
4 Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán. México.
5 Unidad de Recursos Naturales. Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY). Mérida, Yucatán, México.

[*]Autor responsable: hector.estrada@correo.uady.mx; Kilómetro 15.5 S/N, Carretera Mérida-Xmatkuil, Mérida, Yucatán, México. CP 97100; Tel (999)942-32-12.

Resumen

El conocimiento de las propiedades fisicoquímicas edáficas es imprescindible para la planificación del uso del suelo. Ahora es posible poder realizar este tipo de mapas de manera sencilla y económica a través de los métodos de interpolación, los cuales son métodos de estimación geoestadística que permiten estimar valores desconocidos de sitios no muestreados a partir de valores conocidos de lugares cercanos para el despliegue continuo de la información. El método de interpolación de Kriging específicamente, estima el valor en un punto desconocido empleando una medida de correlación espacial entre pares de puntos que describen la variación y estructura espacial de los datos. La calidad de la interpolación depende de la estructura geoestadística de variación de la variable y el esfuerzo de muestreo. En este estudio se realizaron los mapas de carbono orgánico total, porcentaje de arcillas, limos y arenas, densidad aparente y real, porosidad, compactación, profundidad, espesor del horizonte O y estabilidad de agregados del suelo para el estado de Yucatán a partir de la interpolación de los análisis de 295 muestras considerando las 20 unidades fisiográficas del estado. Las interpolaciones con mejor ajuste fueron la compactación (R^2= 0.83), densidad real (R^2=0.81), densidad aparente (R^2=0.72) y estabilidad de los agregados (R^2=0.65); mientras que el ajuste más bajo fue para el carbono orgánico total (R^2=0.25). Aunque estos mapas aún son preliminares por que no se ha realizado su validación, son la primera información cartográfica de las propiedades físicas del suelo del Estado de Yucatán.

Palabras clave
Interpolación, Método Kriging, Mapas de suelos

Introducción

El suelo es un recurso natural imprescindible para el desarrollo tanto de actividades humanas como la agricultura, así como para la funcionalidad biofísica y biogeoquímica de los ecosistemas naturales (Schull, *et al*., 2003), esto ha permitido que el estudio de los suelos cobre relevancia para la planificación del uso del suelo. Sin embargo, los mapas de escalas finas son escasos en países en desarrollo debido a que las técnicas de mapeo convencionales requieren mucho tiempo y son muy

costosas (Giason, *et al.*, 2011). Hoy en día existe una demanda creciente de mapas de suelos digitales de alta resolución, ya que pueden contribuir en la protección contra fenómenos como inundaciones, planificación y modelación ambiental, así como en el sector público (Behrens, *et al.* 2005). El resultado de la interpolación espacial de cualquier propiedad del suelo puede variar dependiendo del método de interpolación empleado (Robinson y Metternicht, 2006). Hoy en día, el método de interpolación de Kriging es ampliamente empleado para predecir las propiedades continuas del suelo en lugares no muestreadas, esto debido a que, a diferencia de las variables continuas, las variables categóricas no se pueden estimar como simples combinaciones lineales de observaciones cercanas (Obertür, *et al.*, 1999).

Materiales y métodos

Toma de muestras de campo
Se tomaron un total de 295 muestras de suelo considerando las 20 unidades fisiográficas del estado descritas por Duch (1991). Las muestras se tomaron a una profundidad de 0-30 centímetros o, en suelos someros, hasta la presencia de la roca dura.

Análisis de laboratorio
Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Agua (LASPA) del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CCBA) de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). Previo a los análisis las muestras se tamizaron a 2 mm y se secaron a 105 °C durante 24 horas. Las metodologías empleadas para la realización de los análisis fueron las sugeridas por la Soil Society of America y la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-200. Se analizó el contenido de arcillas, limos y arenas (o método del densímetro Bouyocus) (Gee y Bauder, 1986), contenido de carbono orgánico total (Walkeley y Black + titulación) (Nelson y Sommers, 1982), densidad real (Método del picnómetro) (Blake y Hartge, 1986), densidad aparente (método del nucleador) (Blake, 1965), porcentaje de espacio poroso [1- (densidad aparente - densidad real) X 100], estabilidad de agregados (Kemper y Rosenau, 1986).

Interpolación de datos
Una vez obtenidos los datos de laboratorio se ordenaron en hojas de cálculo siguiendo el formato de tres columnas X (latitud), Y (longitud), Z (variable de atributo) y se importaron al software Geostatistical for Enviromental Sciences GS+ 10 (Gammadessign, EU) en donde se empleó el método geoestadístico Kriging simple para generar las coberturas para cada una de las propiedades del suelo analizadas.

Como primer paso se realizó la exploración de los datos mediante un análisis espacial exploratorio de la variable Z, mostrando el número de sitios habilitados y el uso de estadística básica (media, varianza, desviación estándar e histograma de frecuencias), para identificar si los datos presentaban una distribución normal. Por otro parte, los sitios se proyectaron en un plano XY con sus valores clasificados en intervalos, para observar la similitud entre sitios.

Como segundo paso se realizó el análisis de la estructura espacial de los datos, El variograma experimental o simplemente variograma, se obtiene al graficar la función γ(h) conocida como semivarianza (1965 Matheron) que mide las diferencias entre todos los pares de los valores que se encuentran a una distancia h entre ellos. La semivarianza se calcula con la siguiente fórmula:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n}\sum_{i=1}^{n}\{Z(x_i) - Z(x_i + h)\}^2$$

Donde:

h es una distancia que se va incrementando en intervalos constantes

Dicho proceso se ejecutó varias veces ajustando en cada ocasión los valores de *Lag Class distance interval*, *Active lag distance* y/o el número de sitios habilitados hasta obtener autocorrelación positiva (la semivarianza se incrementa con la distancia, indicando que existen sitios cercanos con valores similares). El ajuste entre variogramas se repitió en varias ocasiones hasta encontrar el valor más cercano posible a 1 del estadístico R^2.

Otros parámetros considerados para la toma de decisiones para seleccionar el mejor variograma fueron la varianza *nugget* (el valor mínimo de semivariaza, su valor debe ser cercano a 0), varianza estructural (el valor máximo de semivarianza, debe ser cercano a la varianza total (*sill*) del variograma experimental), proporción o radio (muestra la amplitud de semivarianza que toma en cuenta el modelo, resulta de la diferencia entre varianza estructural y *nugget*, entre la varianza estructural, su valor debe ser cercano a 1 o 100%.) y residuos o residual (su valor muestra una medida de la semivarianza que no toma en cuenta el modelo, debe ser cercano a 0).

Como tercer paso se realizó una validación cruzada la cual permitió estimar la calidad de la predicción, dependiente del variograma teórico. Se utilizó el análisis de regresión entre los valores observados y los estimados, (el coeficiente de regresión debe ser cercano a 1 y el estadístico R^2 debe ser > 0.23). Además, esta herramienta permitió conocer la diferencia entre el valor observado y el estimado lo que hace evidente la magnitud del error de estimación al mismo tiempo que se identifican los sitios que pueden depurarse y esto repercute directamente en los pasos anteriores.

Como último paso, los resultados de la interpolación de las variables carbono orgánico total, porcentaje de arcillas, limos y arenas, densidad aparente y real, porosidad, compactación, profundidad, espesor del horizonte O y estabilidad de agregados fueron importados en formato grd. Los archivos *raster* fueron desplegados y editados mediante el programa ArcMap 10.1 (ESRI, USA).

Elaboración de los mapas
Se construyó un SIG mediante el software ArcMap 10.2.2 (ESRI, USA) con sistema de coordenadas geográficas, datum ITRF 1992 y proyección Cónica Conforme de Lambert. Como información cartográfica básica se utilizaron archivos vectoriales a escala 1:250000: límite nacional (CONABIO, 2003), división política Estatal (INEGI, 2014a) y áreas geoestadísticas municipales 2012 (INEGI, 2014b).

Resultados y Discusión

Se presentan los mapas de las siguientes propiedades físicas del suelo: carbono orgánico total, porcentaje de arcillas, limos y arenas, densidad aparente y real, porosidad, compactación, profundidad, espesor del horizonte O y estabilidad de agregados. Las interpolaciones con mejor ajuste fueron la compactación (R^2= 0.83), densidad real (R^2=0.81), densidad aparente (R^2=0.72) y

estabilidad de los agregados (R^2=0.65); mientras que el ajuste más bajo fue para el carbono orgánico total (R^2=0.25). De todas las variables analizadas la que presentó mayor heterogeneidad fue el contenido de carbono orgánico, esto debido a que ésta variable se ve influenciada por el manejo, el tipo, estado de desarrollo y conservación de la vegetación, la tasa de descomposición y el clima. Otro aspecto a considerar es la heterogeneidad espacial de los suelos relacionada con el relieve del estado. Se ha documentado que en algunas zonas del estado la variación entre tipos de suelo se da a unos cuantos metros lo cual puede afectar el ajuste de la interpolación; por lo tanto, se sugiere considerar el relieve en la realización de las interpolaciones. Finalmente, el esfuerzo de muestreo es un factor importante, se sugiere aumentar el número de muestras analizadas para mejorar el ajuste de las interpolaciones y así mejorar los mapas de las diferentes propiedades. Los mapas aquí documentados aún deben de pasar por una etapa de validación realizando nuevos muestreos de campo o utilizando conjuntos de datos para comparar sus resultados con lo mostrado por los mapas.

Conclusiones

El método de Kriging mostró buenos resultados en la interpolación de parámetros físicos de suelos. La interpolación es la parte crítica del proceso, la consideración de todos los factores que expliquen la heterogeneidad espacial es muy importante para un correcto ajuste de los modelos. El incremento en el esfuerzo de muestreo incrementará la calidad de los mapas.

Agradecimientos

Al servicio Geológico Mexicano por su colaboración en la coleta de las muestras de suelo. Al departamento de Manejo y conservación de Recursos Naturales de la Universidad Autónoma de Yucatán por el apoyo económico para la realización de los análisis de suelo.

Referencias

Behrens, T., Förster, H., Scholten, T., Steinrücken, U., Spies, E. D., & Goldschmitt, M. (2005). Digital soil mapping using artificial neural networks.Journal of plant nutrition and soil science, 168(1), 21-33.

Blake, G. R. (1965). Bulk density. Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Properties, 374-390.

Blake, G. R., & Hartge, K. H. (1986). Particle density. Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods. 377-382.

Duch Gary, J. (1991). Fisiografía del Estado de Yucatán: su Relación con la Agricultura (No. 972.65 D826). Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo (México). Centro Regional de la Península de Yucatán. Div. de Ciencias Forestales.

Giasson, E., Sarmento, E. C., Weber, E., Flores, C. A., & Hasenack, H. (2011). Decision trees for digital soil mapping on subtropical basaltic steeplands. Scientia Agricola, 68(2), 167-174.

Kemper, W. D., & Chepil, W. S. (1965). Size distribution of aggregates. Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Properties, 499-510.

Matheron, G. (1965). Les variables régionalisées et leur estimation: une application de la théorie des fonctions aléatoires aux sciences de la nature. Masson et CIE.

Nelson, D. W., & Sommers, L. (1982). Total carbon, organic carbon, and organic matter. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, (methodsofsoilan2), 539-579.

Oberthür, T., Goovaerts, P., & Dobermann, A. (1999). Mapping soil texture classes using field textuing, particle size distribution and local knowledge by both conventional and geostatisical methods. European Journal of Soil Science, 50(3), 457-479.

Robinson, T. P., & Metternicht, G. (2006). Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties. Computers and electronics in agriculture, 50(2), 97-108.

Scull, P., Franklin, J., Chadwick, O. A., & McArthur, D. (2003). Predictive soil mapping: a review. Progress in Physical Geography, 27(2), 171-197.

EVALUACIÓN DE UNO, DOS Y TRES TALLOS EN EL HIBRIDO "CID" DE TOMATE (*Licopersicon esculentum* Mill) BAJO CONDICIONES DE HIDROPONIA E INVERNADERO

Favela-Chávez, E.[1]; Sandoval-Silos,R.E.[1]; Preciado-Rangel, P.[1].

1;UAAAN., Unidad Laguna, Torreón Coahuila, Mex

Autor Responsible: Esteban Favela Chávez, Prol. San Marino No 32 Col La Merced Ampliación, Torreon Coahuila, Mex. Tel (871)7300463

Resumen

La producción de tomate en invernadero se ha incrementado considerablemente en los últimos tiempos, sin embargo, en la operación del manejo del cultivo se tienen aún algunas interrogantes sobre todo en la poda para la producción en el uso de materiales híbridos, ante lo cual el objetivo principal del presente trabajo fue. Evaluar el desarrollo y rendimiento con poda de formación a uno, dos y tres tallos, considerando variables de rendimiento y calidad del fruto fundamentalmente. Dicho trabajo fue realizado en el año del 2012 en invernadero en el Estado de Guanajuato, obteniéndose los resultados siguientes: Para la variable de rendimiento se encontró efecto por tratamiento obteniéndose el mayor rendimiento en el tratamiento tres, que corresponde al de tres tallos, con una producción de 17.74 kg m^{-2} equivalente a 177.74 kg ha^{-1} y para las variables de calidad no se encontró ningún efecto.

Palabras Claves

Tomate, Jitomate, Poda, Nutrición.

Introducción

El tomate es la hortaliza más extensamente cultivada en el mundo, después del chile y la papa. Comercialmente se producen 45 millones de toneladas métricas de tomate por año en 2.2 millones de hectáreas, pero sólo el 15% de la producción corresponde a los trópicos. En México, el tomate se ubica entre las cuatro primeras hortalizas. En condiciones de campo abierto se cultivan alrededor de 70,000 ha Los estados de Sinaloa, Morelos, San Luis Potosí, Baja California Norte y Michoacán son los principales estados productores. Así mismo, es una de las principales hortalizas de exportación.

La función de los invernaderos es la de modificar total o parcialmente aquellas condiciones de clima que son adversas, además de aplicar agua y fertilizantes de acuerdo al estado de desarrollo de las plantas; esto se traduce en incrementos significativos de producción, tanto en cantidad como en calidad. Sin embargo, antes de incursionar en este sistema de producción se debe tener en cuenta que producir en condiciones de invernadero es más costoso que producir en campo abierto y que no es tarea fácil ya que se trata de practicar agricultura de precisión.

El problema principal que existe en la producción de hortalizas en todos los sistemas de producción es el uso ineficiente del agua de riego, ya que durante los ciclos productivos se aplica una cierta cantidad de agua pero que de ello deriva una cierta cantidad que los cultivos desechan y es

conocido como drenaje. La cuantificación del drenaje en invernaderos y mediante la utilización de sustratos, se hace en términos de tanto por ciento de volumen de agua sobrante con respecto al total de agua aportada en cada riego, estos porcentajes se manejan de 20 a 30 % y para otros de un 10 a un 20 % de drenaje.

La poda es una práctica obligatoria en variedades de crecimiento indeterminado. Cuando se dejan dos tallos por planta, puede ser desde el semillero, despuntando el tallo principal por encima de las hojas de los cotiledones, para que las axilas de estas salgan los brotes que serán los tallos principales. De lo contrario, se deja el brote inmediato inferior del primer ramillete, estos brotes tienen un mayor vigor, por lo que se deben utilizar para generar un nuevo tallo en caso de que una planta haya fayado, para este fin y otros se puede manipular y sacar ventaja de ellos. No obstante, sino se podan oportunamente el des brote a destiempo se convierte en un problema y disminución en el rendimiento (Castellanos, 2009).

Con el deshojado se consigue una mayor ventilación y mejora el color de los frutos. Cuando las plantas han adquirido un exceso de vigor (hojas muy grandes y tallo muy gruesos) es recomendable entresacar las hojas. El deshojado se hace periódicamente no quitando más de dos o tres plantas en una sola vez, para no estresar la planta en su balance hídrico y energético.

Por lo que en el presente trabajo se pretende evaluar diferentes sistemas de conducción de tallos mediante la utilización de tezontle como sustrato, para observar el rendimiento del tomate por lo que se presentan los siguientes objetivos:

Objetivos

Evaluar el desarrollo y rendimiento del tomate con podas de formación a uno, dos y tres tallos.

Evaluar la producción y calidad del tomate bajo un sistema intensivo a nivel comercial.

Hipótesis

La conducción a uno, dos y tres tallos afectan positivamente el rendimiento del cultivo del tomate bajo hidroponía.

Materiales y métodos

Ubicación del experimento

El experimento se realizó en el invernadero del Instituto Tecnológico de Roque (ITR), el cual se ubica en el km. 8, Carretera Celaya – Juventino Rosas en Celaya Guanajuato, México, cuyas coordenadas son 20° 32´ de latitud norte y 100° 45´ de latitud oeste, a una altitud de 1762 msnm (Mendoza *et al* 2002).

Descripción del invernadero

El invernadero es austero de tipo túnel de estructura metálica con una altura de 6.50 metros a la parte cenital o cumbrera, con cubierta plástica y con cortinas laterales, frontales y cenitales, los cuales tienen instaladas mallas antiafidos en las paredes, la superficie cubierta del invernadero es de 1000 m^2, el sistema de riego utilizado es por goteo adaptado con un cabezal de riego que consta de dos tinacos con capacidad de 2500 litros de agua, una bomba de 1 HP, dos manómetros para checar presión de entrada y salida, un filtro de anillos, una válvula expulsadora de aire (ventosa), y un ventury

para la inyección de fertilizante, cuenta con un programador de riego (timer) marca Honter® el cual cuenta con tres programas y 6 sectores de riego, en el interior están instalados 2 electroválvulas para automatismo y programación de los tiempos y frecuencias del riego. Cuenta con Tutoreo con alambre galvanizado calibre 12, y la capacidad del invernadero es de una densidad de 2904 plantas.

Material vegetal y desarrollo de plántula

El material vegetal que se utilizo es un hibrido comercial de crecimiento de tipo indeterminado denominado "El Cid", el cual se germino y trasplanto en el invernadero del ITR.

La siembra se realizó el 15 de Febrero de 2012, en charolas de plástico de 200 cavidades, el sustrato utilizado para la germinación fue peat-moss, antes de realizar la siembra se humedeció el sustrato con agua para el posterior llenar las charolas, enseguida se procedió a realizar la siembra colocando una semilla por celdilla y por último se cubrió la semilla con una capa del sustrato a base de vermiculita, las charolas se colocaron en el interior de uno de los invernaderos de producción de plántulas.

Sustrato

Se utilizó como medio de cultivo tezontle rojo, con diámetros 0.2 a 0.5 mm, el cual se colocó la cantidad de 14 litros por contenedor (bolsas de polietileno) de color negro cuyas dimensiones son de 40 cm de diámetro por 40 cm de altura.

Trasplante

El trasplante se realizó el 20 de marzo de 2012, cuándo las plantas tenían una altura promedio de 12-15 cm. Antes de colocar las plantas en las bolsas primeramente se humedeció el sustrato (tezontle) a través del sistema de riego, el agua de riego aplicado ya contenía solución nutritiva, esto con la finalidad de que al momento de colocar la plantas en el sustrato ya se tenga nutrientes, los cuales ayudarán al desarrollo del cultivo.

Riegos

Los riegos se aplicaron a través del sistema de riego automatizado, el método que se utilizó para determinar la cantidad de agua aplicar fue en base al porciento de drenajes o lixiviado, y consistió en colocar una charola de fierro galvanizado con una perforación u orificio para captar el lixiviado.

Al inicio en la etapa de desarrollo del cultivo se aplicaron únicamente riegos ligeros para únicamente mantener húmedo el sustrato, con la finalidad de hacer un uso eficiente del agua y fertilizantes, por lo tanto, no se obtuvo lixiviados, posteriormente cuando el cultivo alcanzó su etapa de formación de frutos se aplicaron un promedio de 24 riegos durante el día, con una frecuencia de cada media hora entre cada riego con cuatro minutos de cada riego.

Solución nutritiva

Se utilizó la solución nutritiva de Steiner (1984) consistiendo en aplicar 12, 1, 7, 7, 9, y 4 meq/litro de NO_3, H_2PO_4, SO_4, K, Ca y Mg, respectivamente. La solución se preparó para una conductividad eléctrica de 2 dS/m y un pH de 5.5 a 6.5 según la metodología propuesta por Favela *et al*., (2006).

Dicha solución nutritiva se manejó al inicio durante el desarrollo de la plántula, la cual se fue modificando y ajustándose de acuerdo a cada una de las etapas de desarrollo, llegando a manejar conductividades eléctricas de 2.8 ds/m, esto durante la producción.

Los Microelementos se adicionaron con un compuesto comercial denominado QUELATEX MULTI® el cual contiene los siguientes elementos y concentraciones: Fe 6.25%, Zn 2%, Mn 2%, B 0.40%, Cu 0.15 % y Mo 0.05 %; de este fertilizante se agregaron 100 gramos por cada 2500 litros de agua, lo que equivale a 0.04 gr por litro de agua.

Variables a evaluadas

Las variables calidad evaluadas fueron:

Calidad del fruto se determinó en base a peso, tamaño y contenido de sólidos solubles (°Brix). Para determinar el rendimiento en cada corte se pesó el tomate, para determinar la calidad se midió el tamaño del fruto tanto de manera ecuatorial como polar con un vernier marca TRUPER Stainlss Steel (mm/in), y se determinó la concentración de sólidos solubles (°brix), con un refractómetro marca Atago Hand Refractometer 9310.

El rendimiento en kg/planta, por metro cuadrado y toneladas por hectárea se determinó pesando los frutos por separado de cada planta, por corte con una báscula Toro Rey Modelo EQ-10/20 Capacity 10 x 0.002 kg.

Resultados y Discusión

Rendimiento de fruto

El análisis de varianza de la variable de rendimiento de fruto del cultivo del tomate, se encontró diferencia significativa (*), entre los tratamientos aplicados, En la Tabla 4.2 se muestran los niveles de significancia obtenidos para cada uno de los factores en estudio.

Al realizar la comparación de medias (Tabla 2) se observa que el tratamiento 3 (conducción a tres tallos) obtuvo la mayor producción, con una media de 6110 gr (6.110 kg) por planta, dando un promedio de 17.74 kg/m^2, lo que equivale a 177.74 t/ha; siguiendo el tratamiento 2 (conducción a dos tallos), con una media de 5480 gr (5.480 kg) por planta dando un promedio de 15.91 kg/m^2, lo que equivale a 159.100 t/ha, y por último el tratamiento 3 (conducción a un tallo) el cual obtuvo una media de 4266 gr (4.266 kg) por planta dando un promedio de 12.39 kg/m^2, y un promedio de 123.900 t/ha.

Tabla 2. Análisis de varianza de la variable de rendimiento de fruto en la producción de tomate con diferente conducción de tallos en invernadero. ITR. 2012.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	2	8785056.000000	4392528.000000	5.1027	0.024
ERROR	12	10329920.000000	860826.687500		
TOTAL	14	19114976.000000			

C.V. = 17.55 %

La comparación de medias demostró que los tratamientos 3 y 2 no presentan diferencias significativas entre ellos, pero si entre el tratamiento 1. En la Tabla 3 se presentan los niveles de significancia de los tratamientos en estudio.

Tabla 3. Comparación de medias de los tratamientos dela variable rendimiento del fruto con diferente conducción de tallos en invernadero. ITR. 2012

TRATAMIENTO	MEDIA
3 - CONDUCCIÓN A TRES TALLOS	6110.0000 **A**
2 - CONDUCCIÓN A DOS TALLOS	5480.0000 **AB**
1 - CONDUCCIÓN A UN TALLO	4266.0000 **B**

-Medias con la misma letra no difieren estadísticamente
Nivel de significancia = 0.05

La producción obtenida es superior a un 50 % más que la obtenida en un trabajo experimental donde se usaron sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero las mezclas de 37.5 y 50% cubren las necesidades nutricionales del cultivo del tomate, donde obtuvieron alrededor de 100 t ha-1 esto sin adicionar fertilizantes. El rendimiento obtenido en promedio de los cuatro mejores tratamientos, vermicomposta tanto con arena al 50% como con perlita al 37.5% y 50% así como la biocomposta más perlita al 37.5%, es de 91.42 t ha-1, supera a los rendimientos obtenidos en campo en 9.14 veces sin demeritar la calidad.

Calidad del fruto
Para Diámetro ecuatorial, diámetro Polar y Contenido de sólidos solubles (° Brix) no se encontró ningún efecto.

Conclusiones

Para la variable rendimiento de fruto, el tratamiento que obtuvo la mayor producción con un valor de 6.110 kg/planta, el cual equivale a 17.74 kg/m2 y 177.4 ton/ha., fue el 3 (conducción a tres tallos) a diferencia del tratamiento 2 (conducción a dos tallos) con una producción de 5.480 kg/panta, el cual equivale a 15.91 kg/m2 y 159. 1 ton/ha., y el tratamiento 1 (conducción a un tallo) que tuvo una producción de 4.266 kg/planta, el cual equivale a 12.39 kg/m2 y 123.9 ton/ha.
En cuanto a las variables de calidad: diámetro ecuatorial, diámetro polar y contenido de solidos solubles (°brix), no hubo efecto significativo entre los tratamientos, esto se debe a que se trabajó bajo un sistema de producción intensiva, por lo tanto, las condiciones de manejo de todos los factores y aspectos, tanto ambientales, como nutricionales y agronómicos que intervienen en dicha producción son las mismas.

Bibliografía

Castellanos R. J. Z. 2009. Manual de producción de tomate en invernadero. Intagri S. C. México. pp: 409.

Favela-Chávez E., P. Preciado Rangel y A. Benavidez Mendoza., 2006. Manual para la preparación de soluciones nutritivas. http://www.nutricaodeplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/Manual_Soln_Nutritivas.pdf. Consultado 19 de enero de 2015.

Mendoza E. M. et al. 2002. TASA DE INFECCIÓN DE LA PUDRICIÓN DEL TALLO EN MAÍZ CAUSADA POR *Fusarium moniliforme*. http://www.mag.go.cr/rev_meso/v17n01_019.pdf.

Nuez F. 2001. El cultivo del Tomate. 1ª Edición. Editorial Mundí – Prensa. España. pp: 32,33.

Pérez M. D. 2010. Producción de tomate con diferentes frecuencias de riego y sustratos en invernadero con malla sombra y fertirrigación. Tesis de Maestría en Ciencias en Irrigación. Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón Coah. México. p. 6-9, 41.

Santana L., A. 2006. Producción de tomate en arena-composta y diferentes concentraciones de solución nutritiva. Tesis de Maestría en Ciencias en Irrigación. Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón Coach. México. pp: 37.

SOLARIZACIÓN DE ESTIÉRCOL BOVINO, CAPRINO Y GALLINAZA Y EL EFECTO EN LA SOBREVIVENCIA DE *Salmonella* spp.

Gallegos-Robles, M.A.[1*]; Mendoza-Retana, S.S.[2]; Vázquez-Vázquez, C.[3]; Fortis-Hernández, M..[4]; Trejo-Escareño, H.I.[5]

[1, 2, 3, 5] Facultad de Agricultura y Zootecnia-UJED. Gómez Palacio, Durango. México.
[4]Instituto Tecnológico de Torreón. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Carretera Torreón-San Pedro km 7.5. Torreón, Coahuila, México.

*Autor responsable: magallegos@ujed.mx; Calle Domicilio conocido SN, Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango. México. CP 35111; Tel. +52(871)-754-1643

Resumen

La aplicación de estiércol animal sin procesar en la práctica agrícola puede potencialmente causar contaminación de los alimentos con bacterias patógenas como *Salmonella* spp. En este estudio, estiércol de ganado vacuno, caprino y aves de corral fue solarizado durante ocho semanas con el fin de evaluar la supervivencia de *Salmonella*. Seis pilas de cada tipo de abono se cubrieron con plástico transparente y la mitad de los tratamientos se les añadió 50% de agua en base peso seco del estiércol. *Salmonella* se detectó previo al proceso de solarización en los tres tipos de estiércol y en la última semana no se detectó en ninguno de los tratamientos con y sin adición de agua por detección microbiológica. Los tratamientos con adición de agua alcanzaron las temperaturas más altas y tuvieron el menor nivel de *Salmonella*. El proceso de solarización por sí mismo puede ser eficaz en la reducción del nivel de patógenos, sin embargo, el uso de estiércol con un cierto contenido de agua puede mejorar el proceso de la eliminación de agentes patógenos. Por lo tanto, el estiércol adecuadamente solarizado puede ser utilizado con seguridad en la producción de cultivos alimentarios y reducir al mínimo la probabilidad de contaminación microbiana.

Palabras clave
Estiércol; Solarizado; *Salmonella*

Introducción

En la agricultura orgánica, la aplicación de estiércol animal al suelo es indiscutiblemente necesaria para renovar la materia orgánica del suelo y para suministrar nutrimentos, sin embargo, la aplicación sin un tratamiento previo aumenta los riesgos de contaminación microbiológica de los productos agrícolas (Ingham *et al*, 2004). En la Comarca Lagunera existe una gran actividad pecuaria, se producen alrededor de un millón de toneladas de estiércol base seca por año (SAGARPA, 2006) generando desperdicios con alto contenido de nutrientes y material orgánico que contaminan los suelos y aguas, emiten olores desagradables y generan gases, además de propiciar la proliferación de vectores y microorganismos patógenos (Edwards *et al*, 2000). Particularmente, existe un importante riesgo de salud por la presencia de *Salmonella* spp., que puede estar presente en los estiércoles de

origen animal. La supervivencia de los microorganismos patógenos en el estiércol depende de muchos factores, incluyendo la temperatura, humedad, pH, composición física de los materiales de compostaje, el tipo de estiércol, y la competencia microbiana (Hess *et al*, 2004). La presencia de *Salmonella* y otros patógenos en el estiércol ha motivado que se busquen métodos para el tratamiento del estiércol antes de la aplicación a través del compostaje, pasteurización, secado a vapor, o radiación UV con el fin de reducir la cantidad de bacterias coliformes fecales y huevos de helmintos (DOF, 1997). Un método que ha sido utilizado con éxito en los suelos agrícolas para la desinfección es el solarizado que es una técnica hidrotérmica de eliminación de patógenos que consiste en cubrir el suelo (o estiércol) durante varias semanas con una película de polietileno que tiene la capacidad de capturar la radiación solar y aumentar significativamente la temperatura causando efectos físicos, químicos y biológicos (Jayaraj *et al*., 2007). El efecto de solarización sobre la eliminación de patógenos es debido principalmente a la inactivación térmica debido a las altas temperaturas alcanzadas (Khalid *et al*., 2006). El objetivo de este estudio fue evaluar el uso de plástico sin albedo en la solarización de tres tipos de estiércol (bovino, caprino y gallinaza) y con adición de agua, como un método de desinfección activa para eliminar *Salmonella* en el estiércol y que cumpla con la normativa vigente para su uso como fertilizante orgánico seguro.

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en el periodo del 31 de agosto al 20 de octubre del año 2014, en la Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ-UJED), ubicado en el kilómetro 28.5 de Tlahualilo, Gómez Palacio carretera Durango. Se solarizó estiércol bovino, estiércol caprino y gallinaza. Las pilas de estiércol se construyeron de 2 m de largo, 1 m de ancho y 1 m de altura. Para llevar a cabo el proceso de solarización las pilas de estiércol se cubrieron con plástico transparente sin albedo (fabricado por Plastoza, S. A. Estado de México) tipo PLANAT 180 x 1000/100 (1,8 m de ancho, 1.000 m de longitud) y 100 µ de espesor. Los tratamientos evaluados fueron: T1= Pila de estiércol bovino, T2= Pila de estiércol bovino con un 50% más de humedad, T3= Pila de estiércol caprino, T4= Pila de estiércol caprino con 50% más de humedad, T5= Pila de gallinaza, T6= Pila de gallinaza con 50% más de humedad. Todas las pilas fueron cubiertas con el plástico. En los tratamientos con humedad se adicionó 50% de humedad en base al peso seco de la muestra. El estiércol se humedeció en forma homogénea y se volteó manualmente con palas. En cada pila se midió la temperatura diariamente en las profundidades de 15 y 30 cm durante 51 días con ayuda de termómetros tipo reloj. El diseño experimental fue bloques al azar con arreglo factorial 3x2x2x51 y tres repeticiones, siendo el factor A = tipos de estiércol (bovino, caprino, gallinaza), factor B = niveles de humedad (sin humedad, con 50% de humedad), factor C = profundidad de muestreo (0-15 cm, 15-30 cm) y factor D = fechas de muestreo (Fecha 1.Fecha 51). Se tomó una muestra compuesta de ambas profundidades (0-15 cm y 15-30 cm) alrededor de las 7:00 am; para ello, se realizó un orificio con la pala de punta a la altura de cada profundidad, se tomaron 20 g de cada nivel y se mezclaron las muestras. La muestra compuesta se colocó en bolsa de plástico ziploc de 15x30 cm, identificando la muestra en cada bolsa para el traslado y el análisis microbiológico inmediato. De cada muestra compuesta de estiércol se transfirió asépticamente 2 g a un tubo con rosca de centrífuga estéril de 50 ml, se añadieron 18 ml de solución salina fisiológica (SSF) (NaCl 0.85%) estéril, y la mezcla se agitó en Vortex (6 min). El extracto se diluyó en series (1:10) con SSF estéril, y alícuotas de 0.1 ml se extendieron sobre placas de agar verde brillante con sulfadiazina (BGS por sus siglas en inglés). Después de la incubación a 35 ± 2 ºC por 24 h, se contaron las colonias. Se realizó ANOVA de una vía y las pruebas de separación de medias (DMS; $P \leq 0.05$). Las variables evaluadas fueron la temperatura y las UFC g^{-1} de estiércol, transformadas a $\log_{10}$.

Resultados y Discusión

Se observaron diferencias significativas ($p<0.01$) en las temperaturas registradas para las fuentes de variación tipo de estiércol, nivel de humedad, profundidad de muestreo y fecha de muestreo, así como en las interacciones tipo de estiércol con nivel de humedad, tipo de estiércol con fecha de muestreo, nivel de humedad con fecha de muestreo, profundidad de muestreo con fecha de muestreo y tipo de estiércol con nivel de humedad y fecha de muestreo. Los valores promedio de temperatura durante todo el periodo de estudio por tipo de estiércol, nivel de humedad y profundidad de muestreo se muestran en la tabla 1. La gallinaza presentó el valor promedio más alto de temperatura ($p<0.05$), seguido del estiércol bovino y el caprino, con una diferencia de 1.86 °C respecto al valor promedio más bajo (estiércol caprino). Respecto al efecto de la adición de agua o no a los tratamientos, el valor promedio más alto se observó en aquellos tratamientos a los que se adicionó agua ($p<0.05$) con una diferencia de 2.35 °C respecto a los que no se adicionó agua. En relación a la profundidad de muestreo, la temperatura promedio más alta se observó en la profundidad de 15-30 cm ($p<0.05$) con una diferencia de 3.17 °C respecto a la profundidad de 0-15 cm. El nivel del agua añadido (50%) estuvo dentro de los límites considerados como óptimos para el compostaje activo (Sherman, 2005) y contribuyó para que la temperatura fuera mayor en los tratamientos con adición de agua, siendo este efecto reportado como normal cuando el estiércol está húmedo (Abu-Irmaileh y Abu-Rayyan, 2004).

Tabla 1. Comparación de medias de temperatura para tipo de estiércol, nivel de humedad y profundidad de toma de temperatura.

Estiércol	Media	Desv. estandar	Humedad adicionada	Media	Desv. estandar	Prof. de muestreo	Media	Desv. estandar
Gallinaza	47.60 A	3.65	50%	47.54 A	5.68	15-30	47.95 A	5.92
Bovino	45.77 B	4.00	0.0%	45.19 B	5.77	0-15	44.78 B	5.33
Caprino	45.74 B	4.17	-	-		-	-	
DMS	0.41		DMS	0.33		DMS	0.33	

La figura 1 muestra los promedios de temperaturas máximas y mínimas registradas en las dos profundidades en ocho fechas a través del período de estudio, observándose comportamientos casi constantes. La temperatura mínima promedio en ambas profundidades fue de 30 °C en la última fecha de muestreo (día 51), mientras que la temperatura máxima promedio en la profundidad de 0-15 cm fue de 60 °C en la fecha 1 (día 6), y en la profundidad de 15-30 cm fue de 62 °C en la fecha 3 (día 18).

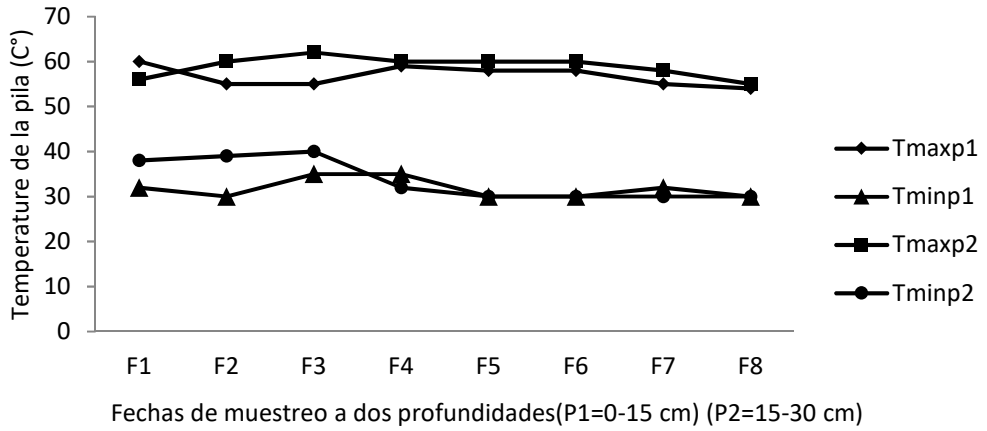


Figura 1. Promedio de las temperaturas máximas y mínimas registradas a ocho fechas y dos profundidades a través del período de estudio.

En general, las temperaturas promedio mínimas como máximas fueron relativamente más bajas en la última fecha (día 51). En este estudio, los tres tipos de estiércol mostraron diferencias en la temperatura alcanzada durante la solarización, lo que pudo ser debido a las diferencias iniciales de carga microbiana y por lo tanto de la actividad microbiana, factores que contribuyen al calentamiento del estiércol (Grewal *et al*. 2006).

Las concentraciones de las UFC por tipo de estiércol, fecha de muestreo, con adición o no de agua, antes y durante el tratamiento de solarizado se muestran en la figura 2. Las concentraciones iniciales más altas se observaron en el estiércol caprino, bovino y gallinaza en ese orden. En relación con la adición de agua o no, en los tratamientos donde se adicionó agua el número de UFC fue menor que en los tratamientos donde no se adicionó y esta tendencia se observó para los tres tipos de estiércol. Se observó una relación negativa entre el número de UFC con la temperatura y la adición agua a los tratamientos. En los diferentes muestreos durante el solarizado, los tres tipos de estiércol mostraron la misma tendencia en la disminución del número de UFC, siendo no detectables en placa en el cuarto muestreo del solarizado (día 48) en ninguno de los tres tipos de estiércol.

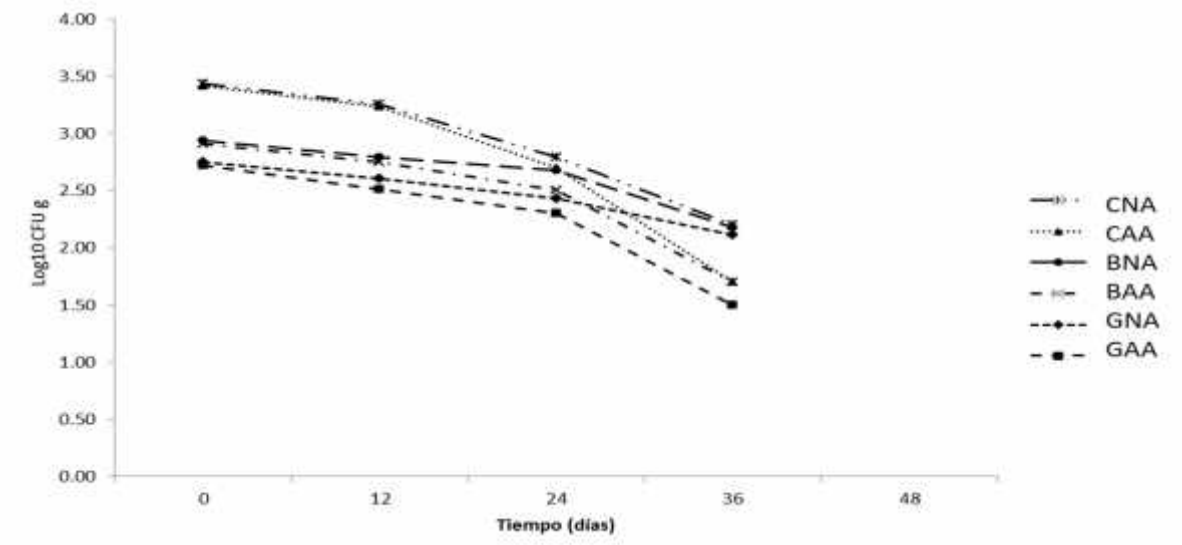


Figura 2. Sobrevivencia de *Salmonella* spp en: estiércol de cabra sin adición de agua (CNA) y con adición de agua (CAA), estiércol de ganado bovino sin adición de agua (BNA) y con adición de agua (BAA), gallinaza sin adición de agua (GNA) y con adición de agua (GAA).

Según Chiewchan *et al*. (2007) la resistencia térmica de microorganismos aumenta al disminuir el contenido de humedad. Pflug *et al* (2001) explicaron que como la célula se calienta, las moléculas de agua comienzan a vibrar y esta vibración rompe los enlaces disulfuro y enlaces de hidrógeno en las proteínas, que pueden alterar las configuraciones tridimensionales y prevenir la correcta función de la proteína. Cuanto menor sea la cantidad de agua presente, estas vibraciones se reducen, previniendo la desnaturalización de la proteína por este mecanismo, aumentando la resistencia de los microorganismos. Droffner y Brinton (1995) indican que en un estudio de compostaje, las temperaturas fueron 60 ° C durante tres semanas, suficientes como para matar *E. coli* y *Salmonella.*

Conclusiones

Las enmiendas orgánicas son una alternativa barata de mejorar algunas propiedades de los suelos agrícolas, como la nutrición y la capacidad de retención de agua, y en consecuencia obtener rendimientos aceptables en los cultivos a menor costo; sin embargo, la aplicación de tales enmiendas debe hacerse teniendo en cuenta las necesidades de nutrición del cultivo, la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo, cuidando evitar la acumulación de sales. Asimismo, se debe aplicar un tratamiento previo al abono orgánico con la intensión de eliminar o bajar la carga microbiana de patógenos, eliminar hormonas y antibióticos, entre otros factores negativos asociados al uso y manejo de abonos orgánicos.

Referencias

Abu-Irmaileh, B., and A. Abu-Rayyan. 2004. In-row preplant manure composting reduces weed populations. Hort Science 39(6):1456-1460

Chiewchan, N., W. Pakdee, S. Devahastin. 2007. Effect of water activity on thermal resistance of *Salmonella* Krefeld in liquid medium and on raw hide surface. Int. J. Food Microbiol. 114:43–49.

DOF (Diario Oficial de la Federación). 1997. NORMA Oficial Mexicana NOM-037-FITO-1995, por la que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos.

Droffner, M.L., and W.F. Brinton. 1995. Survival of *E. coli* and *Salmonella* populations in aerobics thermophilic compost as measures with gene probes. Zentralblatt für Hygiene und Umweltmedizin 197:387-397.

Edwards, D.R., B.T. Larson and T.T. Lim. 2000. Runoff nutrient and fecal coliform content from cattle manure application to fescue plots. J. Am. Water Res. Assoc., 36: 711-724.

Grewal, S.K., S. Rajeev, S. Sreevatsan, and F.C. Michel, Jr. 2006. Persistence of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* and Other Zoonotic Pathogens during Simulated Composting, Manure Packing, and Liquid Storage of Dairy Manure. Applied and Environmental Microbiology 72(1): 565-574.

Hess, T. F., I. Grdzelishvili, H.Q. Sheng, and C.J. Hovde. 2004. Heat inactivation of *E. coli* during manure composting. Compost Sci. Util. 12:314–322.

Ingham, S.C., J.A. Losinski, M.P. Andrews, J.E. Breuer, J.R. Breuer, T.M. Wood, and T.H. Wright. 2004. *Escherichia coli* Contamination of Vegetables Grown in Soils Fertilized with Noncomposted Bovine Manure: Garden-Scale Studies. Appl. Environ. Microbiol. 70: 6420-6427.

Jayaraj, J., T. Parthasarathi, N.V. Radhakrishnan. 2007. Characterization of a *Pseudomonas fluorescens* strain from tomato rhizosphere and its use for integrated of management tomato damping-off. Bio Control 52:683-702.

Khalid, K.H., A. Yassen, and S.M. Zaghloul. 2006. Effect of Soil Solarization and Cattle Manure on the Growth, Essential Oil and Chemical Composition of *Calendula officinalis* L. Plants. J. of Applied Sciences Research 2:142-152.

Pflug, I.J., R.G. Holcomb, M.M. Gómez. 2001. Principles of the thermal destruction of microorganisms, p 79–129. *In* Block SS (ed), Disinfection, sterilization and preservation, 5th ed. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, PA.

SAGARPA. (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) 2006. Anuario estadístico de la producción agropecuaria 2006. Región Lagunera (DURANGO – COAHUILA). Pág. 24.

Sherman, R. 2005. Large-scale organic materials composting. North Carolina Cooperative Extension Service, p. 1–16. http://www.bae.ncsu.edu/topic/vermicomposting/pubs/ag593.pdf. Accessed June 2016.

HOMOGENEIDAD DE UN MATERIAL DE REFERENCIA DE SUELO PARA LA DETERMINACIÓN DE HIDROCARBUROS EN LA FRACCIÓN PESADA

Guerrero-Peña, A.[1*], Alcudia-Pérez, J. C[2], Hernández-Nataren, L. del C. [1], García-Rosales, M E.[3]
[1]Colegio de Postgraduados - Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México.
[2]Universidad Popular de la Chontalpa. H. Cárdenas, Tabasco, México.
[3]CETis 40 – SEP. Cunduacán, Tabasco, México.

*****Autor responsable: garmando@colpos.mx; perif. Carlos A. Molina s/n. carr. Cárdenas-Huimanguillo. km 3.5. CP 86500. H. Cárdenas, Tabasco, México. 938 3722386.

Resumen

Tabasco es el segundo lugar a nivel nacional en emergencias ambientales reportadas, con 1,325 incidencias en 2012. Lo cual hace necesarios los estudios de suelos y por lo tanto, establecer sistemas de calidad para garantizar el análisis realizado, una de estas alternativas para evaluar la calidad, es el uso de materiales de referencia.
En este trabajo fue demostrada la homogeneidad de un material de referencia para la determinación de la fracción pesada de hidrocarburos en suelo, procedente de un sitio con un derrame provocado por la actividad petrolera en el estado de Tabasco. Para las pruebas de homogeneidad fueron usadas técnicas espectroscópicas UV-Vis y Vis-NIR, y la extracción por el método Soxhlet como método de referencia; y la interpretación quimiométrica de los datos. Con la experimentación fue preparado un material de referencia homogéneo para el análisis de los hidrocarburos de la fracción pesada. La homogeneidad demostrada con el método gravimétrico de referencia; mismo que valido las dos pruebas de homogeneidad propuestas con las técnicas espectrométricas, NIRS y UV-Vis, y la interpretación quimiométrica de los datos espectrales de cada uno de los ítems preparados.

Palabras clave:

Material de control de calidad; petróleo crudo; suelo contaminado.

Introducción

En México, la industria petrolera ha incrementado considerablemente su infraestructura en las últimas tres décadas. Tabasco es el estado con mayor producción de petróleo en tierra y el segundo en producción a nivel nacional, ha generado impactos al ambiente que se relacionan con derrames de petróleo, contaminación de cuerpos de agua y comunidades vegetales (Zavala, 1996; Zavala *et al.*, 2003; García *et al.*, 2006). Teniendo el segundo lugar a nivel nacional en emergencias ambientales reportadas, siendo de 1,325 incidencias (PROFEPA, 2012; Villegas, 2010). Lo cual hace necesarios los estudios de suelos y por lo tanto, establecer sistemas de calidad para garantizar el análisis realizado, Una de estas alternativas para evaluar la calidad es el uso de materiales de referencia.
Los materiales de referencia (MR) son necesarios para verificar la precisión y exactitud analítica (Muntau *et al.*, 1986; Maier 1991; Griepink *et al.*, 1991; Walker and Lumley, 1999) de los

laboratorios de análisis ambiental; así como para asegurar la trazabilidad de las mediciones (ISO 1989). Para ello, es importante definir estrategias de producción (de Guillebon B., *et al*., 2001).
De acuerdo con la Guía ISO / IEC 30 (ISO 1992), el MR es un material o sustancia en que una o más de sus propiedades son suficientemente homogéneas y bien establecidos, que se utilizará para la calibración de un aparato, la evaluación de un método de medición, o la asignación de valores a los materiales. Cuando los valores de la propiedad son certificados por un procedimiento que establece su trazabilidad a una realización exacta de la unidad en la que las propiedades se expresan**,** y para el cual cada valor certificado se acompaña de una incertidumbre con un nivel declarado de confianza, el MR se hace un MR certificado (MRC). En el presente trabajo es propuesta una estrategia metodológica para preparar un material de referencia para evaluar la calidad del análisis de la fracción pesada de hidrocarburo en una muestra de suelo. La cual, consiste en evaluar su homogeneidad mediante espectroscopia de infrarrojo cercano, espectroscopia de UV-Visible y la interpretación quimiométrica de los espectros; teniendo como método de referencia el método Soxhlet.

Materiales y Métodos

Muestreo y preparación. La muestra procede de un Antrosol Dístrico Hórtico (ATdyht) y fue extraída de un mismo sitio a una profundidad de 0 a 30 cm. El pH es muy ácido en la capa superficial; el contenido de materia orgánica es pobre, el contenido de bases intercambiables es baja, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la conductividad eléctrica (CE), también son muy bajas (Zavala, 2004). La cantidad obtenida fueron 20 kg. La preparación consistió en un proceso de secado bajo sombra a temperatura ambiente. La molienda fue realizada en dos etapas: en la primera fue molida con rodillo de madera**,** y tamizada en una malla de 2 mm; en la segunda, la molienda fue con un mortero de cerámica y tamizada con una malla 100.
Homogeneización. Una vez molida y tamizada la muestra de suelo, continuó el proceso de homogeneización. En esta etapa el suelo fue colocado en una mezcladora rotatoria durante 40 horas. Luego de ese tiempo fue tomada la primera muestra constituida por cinco ítems (muestras) de 90 gramos cada uno.
Pruebas de homogeneidad. La primera evaluación fue la obtención de los espectros NIR de cada uno de los ítems, por triplicado (matriz de 15 datos); y la interpretación quimiométrica mediante análisis de componentes principales (PCA, por sus siglas en ingles); si el PC1, explica más del 99 % de la varianza de la muestra y si el coeficiente de variación (CV) del PC1 es menor a 5 %, el material es considerado homogéneo. La segunda prueba fue con el método Soxhlet de referencia (NMX-AA-134-SCFI-2006), y que consiste en la extracción de hidrocarburos de la fracción pesada; el análisis fue por quintuplicado en cada ítem. La matriz de muestras fue de 5x5 obteniendo un total de 25 extracciones (matriz de 25 datos); para la interpretación de los datos fue utilizado el z-score (tomando como dato la media) y la prueba de F (tomando como dato la mediana). Para la tercera prueba fueron utilizados los extractos obtenidos con el Soxhlet; cada uno de ellos fue recolectado en un matraz aforado de 250 mL, y aforado con el mismo solvente de la extracción; para obtener el espectro UV-VIS en cada uno de los extractos**.** La interpretación quimiométrica mediante PCA; si el PC1, de cada prueba explica más del 99 % de la varianza de la muestra y si el coeficiente de variación (CV) del PC1 es menor a 5 %, el material es considerado homogéneo.
Una vez demostrada la homogeneidad en la muestra inicial (los cinco ítems), el total de la muestra fue envasado en frascos de 90 gramos, obteniendo un total de 100 items. Para la prueba final de homogeneidad fueron obtenidos los espectros NIR del total de ítems preparados. La interpretación estadística consistió en un PCA y posterior cálculo del CV; si el PC1 explica más del 99 % de la varianza de la muestra y si el CV es menor a 5%, el material es considerado homogéneo.

Resultados y Discusión

En la primera corresponde a la prueba preliminar de homogeneidad con los espectros NIRS de las cinco muestras obtenidas, que corresponden al 5 % del total de ítems preparados (Figura 1).

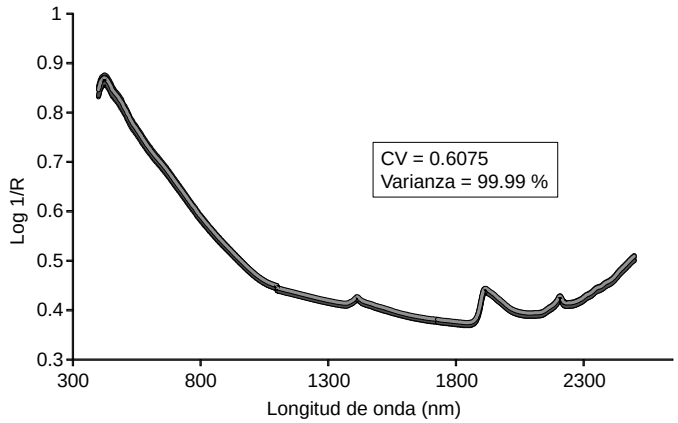


Figura 1. Espectros NIRS, coeficiente de variación (CV) y varianza explicado en los cinco ítems de ensayo en la prueba preliminar de homogeneidad.

En la misma figura están integrados los resultados del análisis de componentes principales, donde el PC 1 explica el 99.99 % de la varianza total. Los resultados indican que el coeficiente de variación (CV) es menor a 5, que es valor establecido para indicar homogeneidad del material.

La segunda parte fue la prueba de homogeneidad con el método de referencia, establecido en la NMX-AA-134-SCFI-2006 (DOF, 2006), y que consiste en la extracción de hidrocarburos de la fracción pesada.

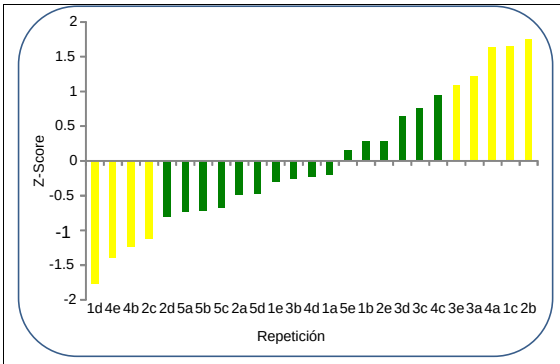


Figura 2. Representación del z-score de los valores de la fracción pesada de hidrocarburos en suelo con el método de referencia.

Con la prueba de Z-score fueron identificadas nueve muestras que superan la unidad absoluta y que deben clasificarse como cuestionables (Figura 2). Esta prueba es realizada con los datos de la media y la desviación estándar.

La prueba de F para los mismos datos de los hidrocarburos de la fracción pesada, no identifica ningún valor como valor extremo, que deba eliminarse. La prueba es realizada con la mediana por ser un estimador robusto insensible a valores extremos.

En la tercera etapa fue realizado el análisis de componentes principales de los espectros UV-Vis (Figura 3). En la misma figura están integrados los resultados del análisis de componentes principales, donde el PC 1 explica el 99.99 % de la varianza total.

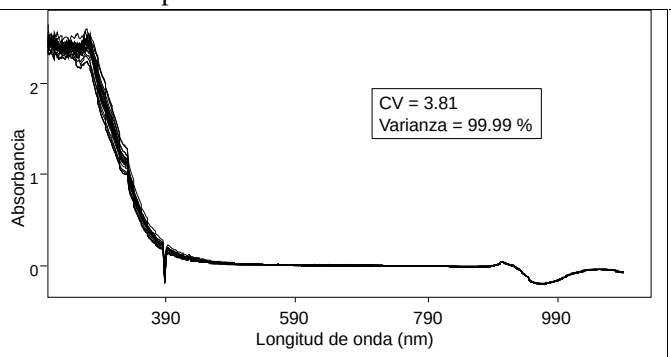


Figura 3. Espectros UV-Vis, coeficiente de variación (CV) y varianza explicado en los cinco ítems de ensayo, repetidos cinco veces, en la prueba preliminar de homogeneidad.

Los resultados indican que el coeficiente de variación (CV) es menor a 5, que es valor establecido para indicar homogeneidad del material. Al eliminar la región de 200 a 300 nanómetros, el CV se reduce menos de la unidad; dicha eliminación es justificada debido a que esta región presenta una señal espectral inestable, originada en la óptica del instrumento.

Finalmente, la cuarta etapa fue realizada una vez que todo el suelo fue distribuido en los 100 items de 90 g. Para la prueba final de homogeneidad fue utilizada la tecnología NIRS y la quimiometría. En la Figura 4 están representados los 100 espectros de cada uno de los ítems preparados.

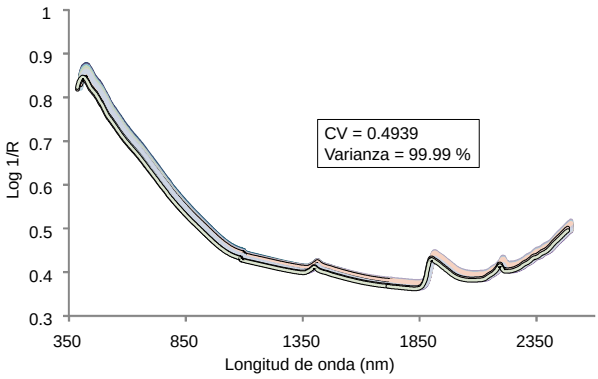


Figura 4. Espectros NIRS, coeficiente de variación (CV) y varianza explicado en los 99 ítems de ensayo para la prueba de homogeneidad.

Las huellas espectrales NIR son sensibles a efectos matriciales debido a que la espectroscopía por infrarrojo cercano está basada en la reflactancia de las partículas (Osborne y Hindle, 1993). Con base en el análisis de componentes principales, donde el PC 1 explica el 99.99 % de la varianza total. Los resultados indican que el coeficiente de variación (CV) es menor a 5, que es valor establecido para indicar homogeneidad del material. Por lo que podemos concluir que los ítems de ensayo preparados con suelos contaminados con hidrocarburo presentan un tamaño de partícula, color y composición química similar; es decir son homogéneos.

Conclusiones

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la homogeneidad de un material de referencia para evaluar la calidad del análisis de la fracción pesada de hidrocarburo en una muestra de suelo a través

de tres métodos independientes (NIRS, UV-Vis y el método de referencia Soxhlet). Con base en las pruebas de homogeneidad fue demostrado que la muestra de suelo Antrosol Dístrico Hórtico (ATdyht) contaminado *in situ* por un derrame de petróleo crudo, presenta homogeneidad en el total de ítems preparados.

Con los métodos independientes, NIRS y UV-Vis, propuestos en esta investigación, fueron obtenidos resultados en las pruebas estadísticas de homogeneidad similares a los obtenidos con el método de referencia. La ventaja de que las técnicas analíticas instrumentales son más sensibles y con menor error analítico al reducir la manipulación de la muestra y menor tiempo de análisis.

Referencias

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2006. NMX-AA-134-SCFI-2006. Norma Oficial Mexicana para suelos-hidrocarburos fracción pesada por extracción y gravimetría-método de prueba. Diario Oficial de la Federación martes 12 de septiembre de 2006. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D. F., México. 27 p.

García L. E., Zavala C., J. Palma L., D.J. 2006. Caracterización de las comunidades vegetales en un área afectada por derrame de hidrocarburos. TERRA Latinoamericana. 24:17-26.

Griepink B. 1984. Fresenius Z. Anal. Chem. 317:210.

ISO guide. 1989. Contents of certificates of reference materials, First edition.

Maier E.A., Trends Anal. Chem. 10 (1991) 340–347.

Muntau H., Z Fresenius. Anal. Chem. 324 (1986) 678–682.

Osborne B.G.T.F and H Hindle.1993. Practical NIR spectroscopy whit application in food and beverage analysis, Longman Scientific y Technical, 2nd ed. Harlow, England.

PROFEPA. 2012. Reporte de Emergencias ambientales en México. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. México. http://www.profepa.gob.mx/PROFEPA/EmergenciasAmbientales/AnalisisNaciolaldeEmergenciasAmbientales

Villegas C.VM.2010. Estudio de la degradación de hidrocarburos en suelos mediante la técnica de infrarrojo cercano. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Cárdenas, Tabasco.

Zavala-Cruz, J. 1996. Impacto de las actividades petroleras sobre la hidrología superficial del distrito Agua Dulce Tabasco, México. pp. 505-520. *In:* Vázquez-Botello, A., J.L. Rojas Galaviz, J.A. Benítez y D. Zárate-Lomelí (eds.). Golfo de México. Contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias. EPOMEX Serie Científica 5. Universidad Autónoma de Campeche. Campeche, México.

Zavala-Cruz, J., C. Gutiérrez-Castorena y D.J. Palma-López. 2003. Impacto ambiental en las tierras del Campo Petrolero Samaria, Tabasco. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco-CCYTET-CONACYT. Villahermosa, Tabasco, México.

EFECTOS DE LOS DETERGENTES ANIÓNICOS EN LA POROSIDAD DE UN SUELO FRANCO ARCILLO ARENOSO

Hidalgo-Aguirre, M[1*]; Zárate-Cortés, K. E.[1]; Ticante-Roldán, J. A.[2]

[1]Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería Química, BUAP. Puebla, Puebla. México.
[2]Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas. Instituto de Ciencias, BUAP. Puebla, Puebla. México

*Autor responsable: mariana_hid@hotmail.com; Avenida 14 sur Núm. 6301 Edificio 103B Ciudad Universitaria, Col. Jardines de San Manuel, Puebla, Puebla. México. CP 72570 ; Tel. +52(222)-229-5500 ext 7358

Resumen

El potencial de los detergentes para contaminar el agua es alto debido a su uso extensivo en distintos mercados, tanto de consumidores como en ámbitos institucionales e industriales. (Manahan, 2007). Los detergentes aniónicos son los de mayor uso ya que se consideran como biodegradables y se obtienen a bajos costos; sin embargo, el tenso activo o surfactante, que es su componente principal no sufre ninguna transformación química durante el proceso de lavado. Esto provoca que, en ocasiones, en las plantas de tratamiento exista la aparición de espumas que tienen un impacto en el ambiente. Actualmente no se le ha dado importancia al estudio de los efectos de los detergentes como contaminantes del suelo, normalmente las investigaciones se enfocan a la contaminación de los cuerpos de agua, olvidando la degradación o cambios que pudieran producirse en el suelo por su constante interacción. En este proyecto se hicieron análisis en dos submuestras de un suelo sin explotación, de forma que se tuviera un patrón para comparar las variaciones que pudiera haber en las densidades (real y aparente) y en la porosidad después de contaminar una submuestra artificialmente con un detergente aniónico de uso común. Durante los análisis se observó el cambio inmediato en la porosidad, ya que la solución hace un desplazamiento del aire en el suelo provocando una compactación.

Palabras clave
Porosidad; Suelo; Detergentes; Compactación

Introducción

Las moléculas de los detergentes sintéticos se parecen lo suficiente a las de los jabones como para tener la misma acción limpiadora, pero son lo bastante diferentes como para resistir los efectos ácidos y las aguas duras. (Hill & Kolb, 1999). Los aditivos de los detergentes incluyen a los intercambiadores de iones, álcalis (carbonato de sodio), silicatos de sodio anticorrosivos, estabilizadores de espuma de amida, carboximetilcelulosa para la formación de suspensiones de partículas de suelo, blanqueadores, suavizantes de tejidos, enzimas, abrillantadores ópticos, fragancias, tintes y sulfato de sodio como diluyente. (Manahan, 2007)

El componente clave de los detergentes es el surfactante o agente superficial activo, que actúa haciendo que el agua sea más "húmeda" y mejor agente de limpieza. Los surfactantes se concentran en la interfase del agua con los gases (el aire), los sólidos (la suciedad) y los líquidos inmiscibles (el

aceite). Actúan así debido a su estructura anfifílica (Figura 1) lo que significa que una parte de la molécula es un grupo polar (hidrofílo) y la otra parte es un grupo hidrocarburo (hidrofóbo). (Manahan, 2007)

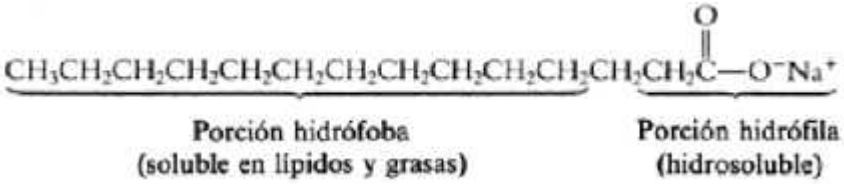


Figura 1. Estructura molecular de un surfactante

Un detergente sólido comercial contiene sólo de 10 a 30% de surfactante. Las formulaciones de los detergentes también contienen agentes que forman complejos y que se añaden para secuestrar al Calcio y funcionar como formadores. (Manahan, 2007). Los surfactantes presentes en los detergentes permanecen sin cambios químicos durante el proceso de lavado y son descargados al drenaje que, en la mayoría de los casos, está conectado a una tubería que conduce a una planta de tratamiento. (ERASM, 2009)

El potencial de los detergentes para contaminar el agua es alto debido a su uso extensivo en distintos mercados, tanto de consumidores como en ámbitos institucionales e industriales. Se consumen anualmente más de cuatrocientos cincuenta millones de kilogramos de detergentes surfactantes en el mercado doméstico de los Estados Unidos y algo más en Europa. La mayor parte de este material, junto con otros ingredientes asociados con las formulaciones de los detergentes, se vierte en las aguas residuales. (Manahan, 2007). Esto provoca que, en ocasiones, en las plantas de tratamiento exista la aparición de espumas que tienen un impacto en el ambiente.

Materiales y Métodos

En una muestra compuesta de un suelo sin explotación previa, se realizó un cuarteo y se dividió en dos submuestras, una para utilizarse como patrón y otra se contaminó artificialmente con una solución saturada de un detergente aniónico; a la submuestra patrón se le hizo una caracterización fisicoquímica completa, mientras que a la muestra contaminada solo se le realizaron las pruebas de densidad y porosidad con fines comparativos. Todos los análisis se hicieron de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000.

Toma de muestra en campo

Para la toma de muestra se recorrió el terreno al azar en forma de zig-zag y cada 15 o 30 pasos se tomó una submuestra, limpiando la superficie del terreno. Se tomaron 5 submuestras con una profundidad entre 20 y 30 cm (Figura 2), se retiraron los bordes y el centro de la muestra (Figura 3), se colocaron en una bolsa de plástico y se mezclaron homogéneamente; se tomó 1 kg aproximadamente para realizar los análisis. (Figura 3) (Coraspe & Tejera, 1996).

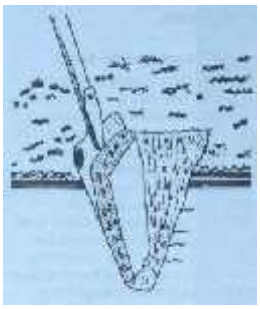


Figura 2. Hueco en forma de

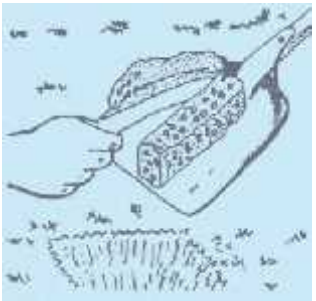


Figura 3. Retirar los bordes y dejar el centro de la muestra

Densidad aparente mediante el método de la probeta

El cálculo de la densidad aparente exige conocer la fracción de peso y volumen de suelo que corresponde a la tierra fina, lo que exige determinar el volumen ocupado por las fracciones minerales y orgánicas gruesas, y el peso de cada una de ellas, determinando los correspondientes a la tierra fina por diferencia (Rubio, 2010). El procedimiento se presenta en la siguiente figura (Figura 4).

Figura 4. Procedimiento para la determinación de densidad aparente.

Densidad real por el método del picnómetro

Este procedimiento (Figura 5) permite el cálculo de la densidad de cualquier líquido a través de tres determinaciones gravimétricas (a través de la determinación de tres masas con una balanza analítica). Se requiere conocer la temperatura con la que se realiza la prueba ya que es necesario aplicar un factor de corrección (Huerta A. , 2010).

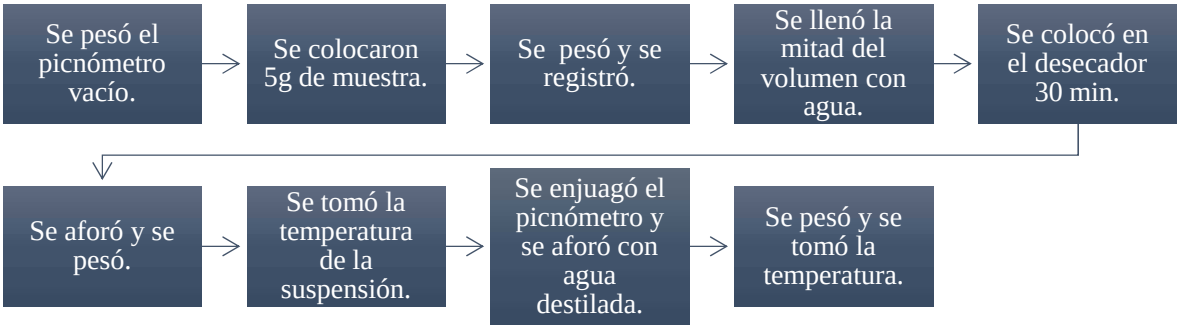


Figura 5. Procedimiento para la determinación de densidad real.

Porosidad

La porosidad como una propiedad física se refiere a las cavidades o poros que permiten la penetración de agua y aire en el suelo. Se relaciona directamente con el contenido de materia orgánica. Por ejemplo, en un suelo arenoso el agua y el aire ingresan con facilidad, por lo que se dice que es de baja porosidad. Se calcula mediante la razón matemática de la densidad real y la aparente.

Resultados y Discusión

En la toma de muestra (Figura 6), se determinó químicamente la presencia de un gran contenido de materia orgánica, materiales alofánicos, complejos órgano-alumínicos, sulfatos y manganeso. En la caracterización fisicoquímica de la muestra patrón se determinó un alto contenido de humedad y una alta estabilidad de agregados, se encontró que se trataba de un suelo franco arcillo arenoso; de acuerdo a las tablas de Munsell se trata de un suelo gris muy oscuro.

Figura 6. Toma de muestra en campo

El espacio poroso del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos; en general el volumen del suelo está constituido por 50% materiales sólidos (45% minerales y 5% materia orgánica) y 50% de espacio poroso. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2016). Al realizar los análisis en la muestra patrón se encontró una porosidad del 50.36%, sin embargo al contaminar artificialmente la submuestra con la solución saturada se pudo observar el desplazamiento del aire en las partículas del suelo, lo que significa una alteración inmediata en la porosidad.

Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macro poros y micro poros donde agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o retenerse. Los macro poros no retienen agua contra la fuerza de la gravedad, son responsables del drenaje, aireación del suelo y constituyen el espacio donde se forman las raíces. Los micro poros retienen agua y parte de la cual es disponible para las plantas. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2016)

Después de realizar los análisis se observó una disminución de alrededor del 35%, por lo que se decidió dejar los recipientes en reposo para observar si la solución continuaba el desplazamiento del aire.

Después de dos días se observó la saturación del suelo y su compactación; también se observó que la solución se oscureció por lo cual se infiere provoca un lavado de los nutrientes del suelo, lo que podría alterar las bases intercambiables aniónicas (inherentes de este tipo de suelo) y, por consiguiente, disminuir en el valor del pH y en la Conductividad Eléctrica. (Figura 7).

Figura 7. Recipientes con la muestra contaminada después de uno (izquierda) y dos días de reposo (derecha).

Conclusiones

El cambio en la porosidad del suelo que se genera después de agregar la solución saturada sirve como una evaluación preliminar de la degradación que este tipo de sustancias ocasiona y nos permite ver la importancia de realizar una caracterización fisicoquímica completa para cuantificar como este contaminante afecta las propiedades del suelo.

Referencias

Blanco, F. (2016, Febrero 07). *Universidad de Oviedo.* Retrieved from Densidad, porosidad, compacidad: http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion2.Refractarios.Densidad.Porosidad.Permeabilidad.pdf

Coraspe, H., & Tejera, S. (1996, Diciembre). *Procedimiento para la toma de muestras de suelos.* Retrieved from Pasos a seguir en el muestreo de suelos: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd54/suelos.htm

Departament of the Environment. Industry Profile. (1995). *Chemical works.* Retrieved from Soap and detergent manufacturing works.

ERASM. (2009). *Environment & Health Risk Assessment and Management.* Retrieved from Removal of detergent surfactants in waste-water treatment plant: http://www.erasm.org/position/Paper5-RemovalStatement.pdf

Hill, J. W., & Kolb, D. K. (1999). *Química para el nuevo milenio.* Ciudad de México: PEARSON Prentice Hall.

Huerta, A. (2010). *Universidad Politecnica Javeriana.* Retrieved from Determinación de la densidad con el método del picnómetro: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12655/11.%20Art%C3%ADculo%20docente.%20Determinaci%C3%B3n%20de%20la%20densidad%20de%20un%20l%C3%ADquido%20con%20el%20m%C3%A9todo%20del%20picn%C3%B3metro.pdf?sequence=1

Manahan, S. E. (2007). *Introducción a la Química Ambiental.* Ciudad de México: Reverté.

Munsell. (2016). *Munsell Co.* Retrieved from Munsell color products: www.munsell.com

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). *Portal de Suelos de la FAO.* Retrieved from Propiedades Físicas del Suelo: http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/

Rubio, A. M. (2010, Julio). *Universidad de Sevilla.* Retrieved from La densidad aparente en suelos forestales del parque natural los alcornocales: http://digital.csic.es/bitstream/10261/57951/1/La%20densidad%20aparente%20en%20suelos%20forestales%20.pdf

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2002, Diciembre 31). *Diario Oficial de la Federación.* Retrieved from Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=717582&fecha=31/12/2002

Stermitz, F. R., & Weininger, S. J. (1988). *Química Orgánica.* Barcelona: Reverté S. A.

ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE SUELOS EN TEXCOCO

Martínez-R, H.[1]; Cajuste-B., L.[2*]; Sánchez-G., P.[2]; Ojeda-T., E.[2]

[1]Grupo BITS. México, D.F.. MEXICO.
[2]Colegio de Postgraduados (COLPOS). Montecillos, México. MEXICO.

*Autor responsable: lenomcb1@colpos.mx; Edif. Edafología, cub. 225, Campus Montecillo, Texcoco, México. MEXICO. CP 56230; Tel. +52(555)-195-4285

Resumen

El suelo es un recurso natural difícil de renovar y por lo mismo, requiere de programas eficientes para su conservación y uso sustentable. El oriente del Valle de México actualmente sigue experimentando una demografía creciente; por lo que cuidar sus pulmones ambientales y el suelo que los sostiene es de gran interés. En este trabajo se analizó un modelo digital de elevación, aplicándolo al análisis morfométrico de suelos en Texcoco, usando datos de campo y aquellos proporcionados por INEGI como referencia. Se colectó la ubicación de 40 puntos de muestreo de suelos (con GPS) para realizar dicho análisis con el MED de INEGI. Las muestras de suelo de 0-10 cm de profundidad fueron procesadas en laboratorio para análisis de textura, pH, CE, y MO. Para el análisis estadístico-espacial (altitud y otras variables de terreno) se utilizaron software SIG (QGIS v.2.6), software estadístico (Tanagra v. 1.4.50) y software para análisis espacial (SAGA v.2.2), todos con licencia libre. En cuanto al análisis de correlación, se observaron correlaciones significativas entre propiedades del suelo y variables del relieve. La variable arcilla correlacionó negativamente con la altitud, la pendiente y la rugosidad, obteniéndose mayor correlación con la variable altitud para el MED con INEGI. Estas correlaciones indican que a mayor altitud, pendiente y rugosidad, menor es la proporción de arcilla en el estrato superficial de los suelos en la zona de estudio. En general, los MED permiten relacionar las variables de relieve con las propiedades físicas y químicas de los suelos del área de estudio.

Palabras clave
morfometría; análisis espacial; medio ambiente

Introducción

El suelo es un recurso natural difícil de renovar y por lo mismo, requiere de programas eficientes para su conservación y uso sustentable (FAO, 2014; INECC, 2004). Este hecho cobra importancia porque además de servir como sostén y sustento alimenticio para plantas y animales, provee servicios básicos ambientales que el ser humano necesita para su desarrollo integral (FAO, 2014). Entre estos servicios está el filtrado de agua a los acuíferos y la captura de carbono atmosférico, entre otros (Böhner y Antonić, 2009). El oriente del Valle de México actualmente sigue experimentando una demografía creciente (INEGI, 2013); por lo que cuidar sus pulmones ambientales es de gran interés. Uno de estos pulmones es el parque nacional Izta-Popo; el cual provee servicios ambientales a varios municipios mexiquenses, incluyendo Texcoco. Es en este sentido que los estudios morfo-métricos adquieren relevancia (Florinsky, 2012), puesto que el relieve es uno de los factores formadores de suelos (Dokuchaev, 1891; Jenny, 1991), y determina en gran medida la capacidad de los suelos para proveer

servicios ambientales (Schaetzl & Anderson, 2005). En ocasiones no es posible caracterizar y describir el relieve en campo por cuestiones de accesibilidad. En estos casos, los modelos digitales de elevación generados a partir de estéreo-pares digitales proveen una solución alternativa al estudio del relieve en campo.

En este trabajo se plantea analizar y evaluar la precisión del modelo digital de elevación (MED) proporcionado por INEGI, aplicando dicho MED al análisis morfométrico de los suelos de Texcoco, Estado de México.

Materiales y Métodos

Área de Estudio

La zona de estudio se localiza en el municipio de Texcoco, Estado de México (Figura 1), el cual está delimitado por las coordenadas extremas 19°23.63' y 19°33.51' de latitud norte, y 98°37.93' y 99°01.89' de longitud oeste, y con una altitud media de 2325 msnm.

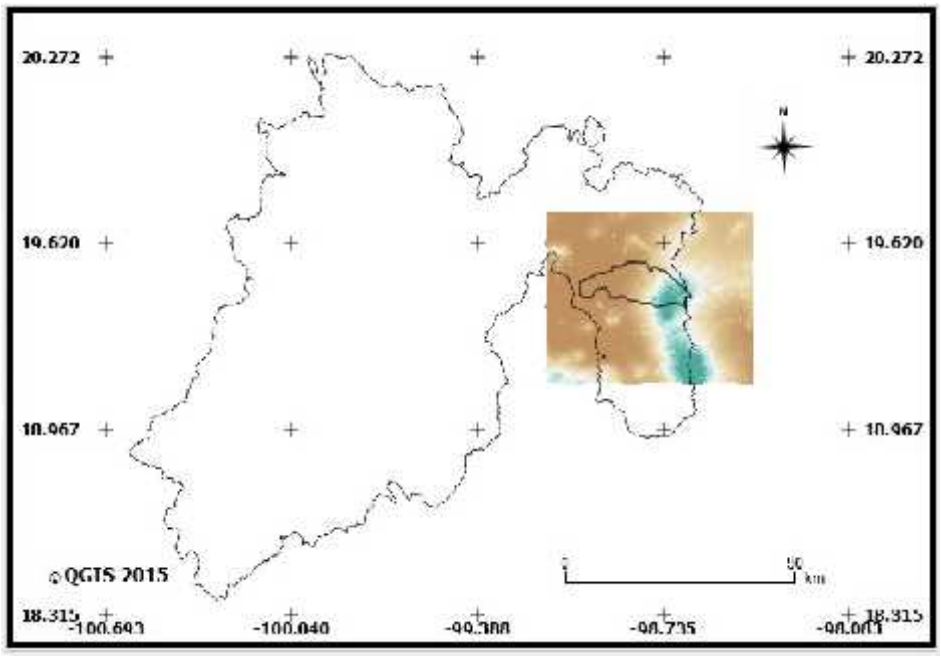


Figura 1. Localización del área de estudio (Fuente: INEGI, 2013).

La cartografía de suelos para el municipio se ilustra en la Figura 2, donde aparecen seis (dos fueron descartadas por ubicarse en una planicie) unidades, según INEGI (2013), escala 1:250,000. La mayoría de las unidades representan asociaciones de varias clases taxonómicas de suelos, según la WRB (FAO, 2006), y tienen una distribución espacial muy similar a la de los paisajes fisiográficos; es decir, con una orientación E-W. Esta cobertura temática digital está registrada bajo una proyección conforme cónica de Lambert, con dátum ITRF92 y unidades de coordenadas en metros.

Adicionalmente, la orografía del municipio está representada por el modelo digital de elevación de INEGI (2013), el cual se muestra en la Figura 3. Este modelo está registrado originalmente en una proyección geográfica con coordenadas de la misma índole; es decir, en grados decimales de latitud y longitud. Para establecer el análisis morfométrico, se transformó el sistema de coordenadas original al sistema de coordenadas que posee la cobertura de unidades de suelos. Además, el modelo tiene una

resolución espacial de 15 m en el plano horizontal y 1 m en la dirección cenital.

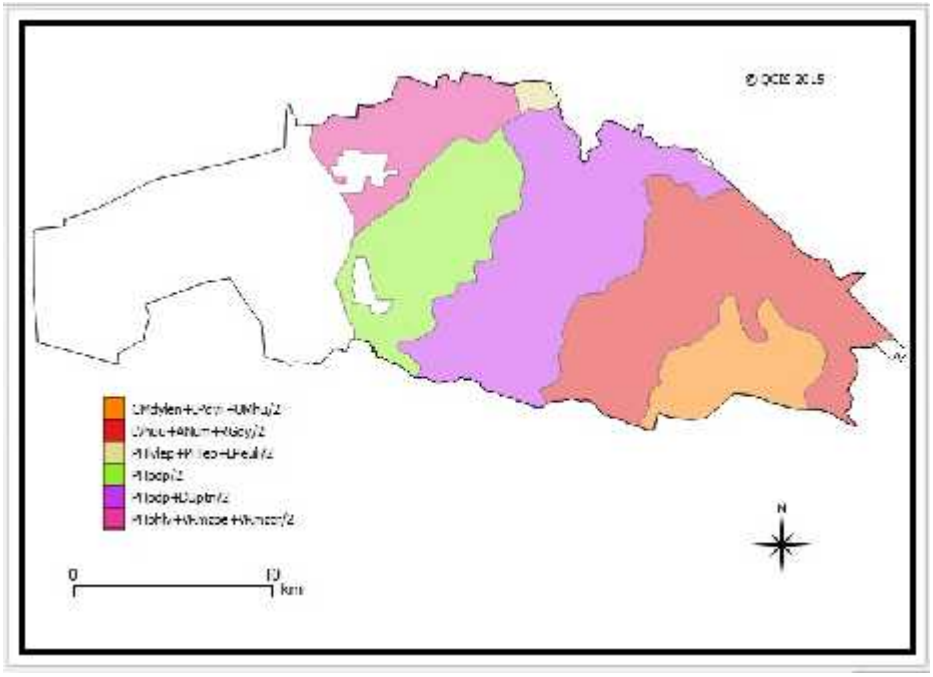


Figura 2. Unidades Cartográficas de Suelos finales para el área de estudio (Fuente: INEGI, 2013).

El análisis morfométrico utiliza estos dos insumos anteriores para establecer las relaciones entre el relieve como factor formador de suelos, y la distribución de las unidades taxonómicas de suelos, incluyendo sus propiedades físicas y químicas, entre otras.

Análisis Morfométrico

La determinación de la relación entre el factor relieve y el suelo es un procedimiento que varios autores ya han descrito en la literatura (Behrens et al., 2010; Böhner et al., 2002; Debella et al., 2007; Florinsky, 2012; Fu et al., 2004; Giasson et al., 2006; INE, 2004; Martínez et al., 2010; Taylor & Odeh, 2007). El primer paso es precisar la capacidad de discriminación de las propiedades físicas y químicas seleccionadas para distinguir espacialmente las unidades cartográficas de suelos. Para ello, se realizó un análisis factorial discriminante con los valores de arcilla, limo, arena, pH, CE y CO, de las muestras de sitios, seleccionando aquellas propiedades con mayor capacidad discriminante y descartando el resto de las variables analizadas. El siguiente paso es generar variables características del relieve (altitud, pendiente, rugosidad) para correlacionarlas con las variables de suelos. Para ello se realizó un análisis de correlación considerando dichas variables, y seleccionando aquellas que obtuviesen correlaciones significativas de gran magnitud absoluta (mayor a 0.74). Los resultados se muestran en la siguiente sección.

Resultados y Discusión

El análisis factorial discriminante (AFD) arrojó varios valores (4) característicos (eigen-values), pero solamente el primero tuvo un valor >1, donde el primer factor explicó 93.41% de la variabilidad

contenida en los datos analizados (Cuadro 1). Con el objeto de mantener una parsimonia en la interpretación de resultados y selección de las variables discriminantes, se aplicó el criterio de Kaiser (1960), conservando únicamente el primer factor.

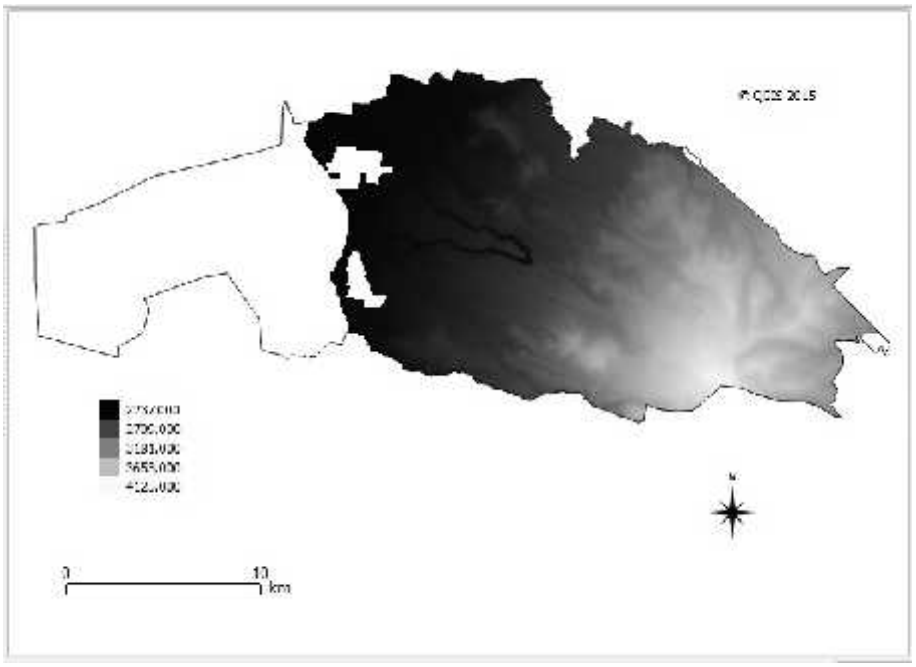


Figura 3. Modelo Digital de Elevación generado con datos de INEGI.

Los coeficientes (pesos) de las variables para dicho factor -mas bien- vector característico, se muestran en el Cuadro 2. En él se puede apreciar los relativamente bajos valores absolutos para propiedades % de limo (L) y conductividad eléctrica (CE), comparado con los relativamente altos valores absolutos para % de arcilla (R) y % de arena (A), como propiedades físicas, y acidez (pH), y materia orgánica (CO), como propiedades químicas.

Cuadro 1. Resumen del Análisis Factorial Discriminante aplicado a las variables de suelos.

FACTOR	EIGEN-VALUE	DIFERENCIA	VAR PROPORCIONAL	VAR ACUMULADA
1	7.4017	6.6947	93.41	93.41
2	0.7091	0.3585	03.73	97.14
3	0.3173	0.1987	02.85	99.99
4	0.0303	0.0008	00.01	100.00

Las propiedades con mayor peso resultaron ser A, muy posiblemente por la característica de textura media de los suelos, y CO, muy probablemente por las aportaciones que la vegetación boscosa y abonos orgánicos en parcelas agrícolas contribuyen a esta propiedad. Si bien existe un gradiente de salinidad E-W registrada en el paisaje, la eliminación de las unidades cartográficas de suelos en la zona poniente pudo bien no permitir identificar dicho gradiente.

Cuadro 2. Pesos (coeficientes) de las variables de suelos en el Factor #1 (vector característico).

PARÁMETRO	R	L	A	pH	CE	CO
FACTOR #1	0.3724	0.0163	-0.4563	0.3828	-0.0125	-0.6501

Con base a estos coeficientes, se descartaron las propiedades L y CE del resto del análisis morfo-métrico y se conservaron las variables R, A, pH, y CO para estudiar sus relaciones con variables del relieve (altitud, pendiente y rugosidad).
En cuanto al análisis de correlación, se observaron correlaciones significativas entre propiedades del suelo y variables del relieve (Cuadro 3). La variable arcilla correlacionó negativamente con la altitud, la pendiente y la rugosidad. Estas correlaciones indican que a mayor altitud, pendiente y rugosidad, menor es la proporción de arcilla en el estrato superficial de los suelos en la zona de estudio.

Cuadro 3. Resultados del Análisis de Correlación entre variables del suelo y variables del relieve.

PARÁMETRO	ALTITUD	PENDIENTE	RUGOSIDAD
R	-0.8048*	-0.8013*	-0.7525*
A	0.8118*	0.7555*	0.7624*
pH	-0.6801	-0.7703*	-0.8135*
CO	0.8358**	0.7777*	0.7531*

Para el caso de la variable arena, se observaron correlaciones significativas pero positivas con la altitud, la pendiente y la rugosidad (Cuadro 3). Estos valores indican que a mayor altitud, pendiente y rugosidad, mayor es la proporción de arena en la fracción mineral del estrato superficial de los suelos en el área de estudio. Las partes más altas de esta zona corresponden también a la zona más alta de la cuenca del río Texcoco, y por lo tanto a la región de donación de material y sedimentos dentro de la cuenca. En el proceso de donación, es mayor la cantidad de arcillas transportadas a las zonas más bajas, donde éstas constituyen la región de recepción de material y sedimentos dentro de la cuenca. Lo anterior explica claramente los signos en los valores de correlación entre variables del relieve y las propiedades físicas de los suelos en el municipio de Texcoco.
Referente a las propiedades químicas de los suelos bajo estudio, se obtuvo un comportamiento similar al de las propiedades físicas de los suelos. La variable pH presentó correlaciones significativas negativas, con respecto a altitud, pendiente, y rugosidad (Cuadro 3). Básicamente, a medida que aumenta la altitud, la pendiente o la rugosidad, aumenta la acidez en los suelos, disminuyendo el valor de pH. Con la materia orgánica se obtuvo un comportamiento contrario, siendo todas las correlaciones positivas, todas significativas. Las correlaciones más altas se obtuvieron con la variable altitud (Cuadro3). En este caso, a mayor altitud, mayores contenidos de carbono orgánico presente en el estrato superficial de los suelos de la zona de estudio. Suelos con poca rugosidad o con poca pendiente tienden a ubicarse en las partes bajas de una cuenca, donde la acumulación de sales y cationes es mayor que en la parte alta de la cuenca. Por lo mismo los valores de pH son más altos en la parte baja de la cuenca; mientras que en la parte alta de la cuenca es más común encontrar suelos con valores más bajos de pH, comparado con la parte baja. En cambio, el caso de la materia orgánica es diferente.

Conclusiones

En general, los dos MED permitieron relacionar las variables de relieve con las propiedades físicas y

químicas de los suelos del área de estudio. Asimismo, no hubo gran diferencia entre los MED; de hecho, el MED de INEGI permitió relacionar mejor las variables del relieve con las propiedades de los suelos.

Referencias

Behrens, T., A-X. Zhu, K. Schmidt, & T. Scholten 2010. Multi-Scale Digital Terrain Analysis and Feature Selection for Digital Soil Mapping. Geoderma, Vol. 155 (3–4): 175–185.

Böhner, J., & O. Antonić. 2009. Land-surface parameters specific to topo-climatology. In: T. Hengl, & H. I. Reuter (Eds.). Geomorphometry: Concepts, software, applications. Elsevier. Amsterdam. pp. 195-226.

Debella-Gilo, M., B. Etzelmuller, & O. Klakegg 2007. Digital Soil Mapping using Digital Terrain Analysis and Statistical Modeling Integrated into GIS: Examples from Vestfold County of Norway. Proceedings of the Scandinavian Research Conference on Geographical Information Science (ScanGIS), 5th-7th September. IEEE/CiteSeer Report No 11: 237-253.

Dokuchaev, V. V. 1891. On the relationships between, on the one hand, age and elevation of the terrain, and, on the other, character and distribution of Chernozems, forest soils, and Solonets. Revue des Sciences Naturelles, Vol. 1: 1-16.

FAO 2006. World Reference Base for Soil Resources. United Nations Food and Agriculture Organization (FAO). WSR Report #103, IUSS, ISRIC. Rome. 145 p.

Florinsky, I.V. 2012. Digital Terrain Analysis in Soil Science and Geology. Elsevier-Academic Press. Oxford. 398 p.

Fu, B.J., S.L. Liu, K.M. Ma, & Y.G. Zhu 2004. Relationships between Soil Characteristics, Topography and Plant Diversity in a Heterogeneous Deciduous Broad-Leaved Forest near Beijing, China. Plant and Soil, Vol. 261, (1-2): 47-54.

Giasson, E., R.T. Clarke, A. Vasconcellos I. Jr., G.H. Merten, & C.G. Tornquist 2006. Digital Soil Mapping using Multiple Logistic Regression on Terrain Parameters in Southern Brazil. Scientia Agricola, Vol. 63 (3): 262-268.

INE 2004. Análisis Morfométrico de Cuencas: Caso de Estudio del Parque Nacional Pico de Tancítaro. Instituto Nacional de Ecología (INE, ahora INECC), Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas. México, D.F. 47 p.

INEGI 2013. Geografía Nacional de México: Datos de Relieve y Recursos Naturales, Formato Digital. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Aguascalientes.

Jenny, H. 1991. Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology; 2nd edition. Dover Publications, Inc. New York. 191 p.

Kaiser, H.F. 1960. The Application of Electronic Computers to Factor Analysis. Educ. Psychol. Meas., Vol. 20: 141-151.

Martínez–G., G., J.J. Díaz–G., & O. Cosío–G. 2010. Análisis Morfométrico en la Cuenca Hidrológica San José del Cabo, B.C.S., México: Una Aproximación en la Identificación de Potenciales Áreas de Captura. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, Vol. 27 (3): 581-592.

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN SUELOS AGRÍCOLAS DEL MUNICIPIO DE IRAPUATO, GUANAJUATO

Medina-Guerrero, M.L.[1]; Venegas-Aguilera, L.E.[1]; Ramírez-Vázquez, J.A.[1]; Saldaña-Robles, A.[1], Zanor, G.A.[1*]

[1] División de Ciencias de la Vida. Irapuato, Guanajuato. México.

*Autor responsable: gzanor@ugto.mx; Ex-Hacienda El Copal, Carretera Irapuato-Silao Km 9, Irapuato, Guanajuato. México. CP 36500; Tel. +52(462)-624-1889

Resumen

En las últimas décadas el uso del suelo para agricultura ha ocasionado deterioros físicos y químicos, causados principalmente por la disminución de la fertilidad, la salinidad y la compactación. Esta investigación propone el estudio de la distribución de elementos trazas (As, Cu, Pb y Zn) en perfiles de suelo de uso agrícola (1.20 m de profundidad) localizados en el noreste del municipio de Irapuato (Guanajuato). Las determinaciones en los suelos incluyeron clase textural, materia orgánica (Pérdida por Ignición, PPI550), pH y concentraciones totales de elementos traza (As, Cu, Pb y Zn) por Espectrometría de Emisión Atómica con Plasma Acoplado Inductivamente. También se calculó el Índice de Geoacumulación (Igeo) para analizar las posibles fuentes de aporte. Los suelos variaron entre arcillosos y arenosos, con pH desde 7.64 a 8.87 y contenidos de PPI550 desde 1.45 (arenosos) a 6.86% (arcillosos). Todos los suelos presentaron concentraciones de los elementos por debajo de la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, registrando los contenidos más altos los suelos arenosos. En general, las muestras mostraron correlaciones positivas entre Cu-Pb-Zn y PPI550 y la fracción arcilla de los suelos. Según el Igeo, las clases resultaron no contaminadas para As, Cu y Zn en los suelos arcillosos (Clase 0/6) a moderadamente contaminadas para As, Cu y Pb en los suelos arenosos (Clase 1/6), indicando acumulación por fuentes antrópicas. Los suelos arcillosos mostraron una menor capacidad de retención de los elementos en las fracciones sólidas del suelo indicando una mayor movilidad y liberación de los metales y metaloides al sistema edáfico.

Palabras clave
Suelos; Metales pesados; degradación; índice de geoacumulación; Bajío Guanajuatense

Introducción

El suelo es un producto biogeoquímico que ocupa la interfase entre la geosfera y los demás sistemas de la Tierra (hidrosfera, atmosfera y biosfera). La interacción del suelo con los subsistemas de la Tierra y con el hombre puede modificar negativamente el equilibrio y estabilidad del suelo, alcanzando su degradación y contaminación (Nriagu y Pacyna, 1988). La mayoría de los contaminantes inorgánicos presentes en los suelos son metales pesados o elementos traza que se encuentran frecuentemente en concentraciones que sobrepasan los umbrales de toxicidad permitidos por normas internacionales y nacionales. La contaminación de los suelos por elementos traza proviene

fundamentalmente de fuentes naturales o antropogénicas. Las primeras se refieren a los elementos geogénicos que derivan de la meteorización de las rocas, de las emisiones volcánicas o lixiviados de mineralizaciones mientras que las segundas engloban a las actividades agrícolas, mineras e industriales y sus desechos (Galán-Huertos y Romero-Baena, 2008).

Las actividades económicas primarias son de gran importancia para el estado de Guanajuato, con un porcentaje de aportación al producto interno bruto estatal del 3.47 % (INEGI, 2014). Dentro de ellas, se destacan las actividades agropecuarias alcanzando en ciertos productos agrícolas y pecuarios los primeros lugares de producción a nivel nacional (fresa, cebada, brócoli, lechuga, leche de ganado caprino). Sin embargo, estas actividades han ocasionado la degradación de la cubierta edáfica, causados principalmente por la disminución de la fertilidad y la compactación (SEMARNAT, 2012).

Con base en lo expuesto, esta investigación propone la determinación de las concentraciones totales de elementos traza (As, Cu, Pb y Zn) en perfiles de suelos de uso agrícola en el noreste del municipio de Irapuato (Guanajuato). Asimismo, se plantea el uso del Índice de Geoacumulación (Igeo; Loska *et al.*, 2004) para identificar las fuentes posibles de aporte (naturales o antropogénicas). Para poder establecer correlaciones entre los elementos analizados y las características edáficas de los perfiles, se efectuaron análisis de propiedades físicas (clase textural) y químicas de los suelos (pH y materia orgánica). El presente trabajo permite valorar el riesgo ambiental ante los elementos trazas estudiados, contribuyendo al diagnóstico del estado actual de contaminación de suelos rurales en una zona de importancia agrícola del Bajío Guanajuatense.

Materiales y Métodos

Cinco perfiles de suelos se describieron con base en *Soil Survey Staff* (2014; ARC1, ARC2, ARC3, ARE1 Y ARE2; Figura 1) y muestrearon a 1.20 m de profundidad en el noreste del municipio de Irapuato (Gto.; Figura 1), tomando muestras cada 20 cm con una cuchara de plástico.

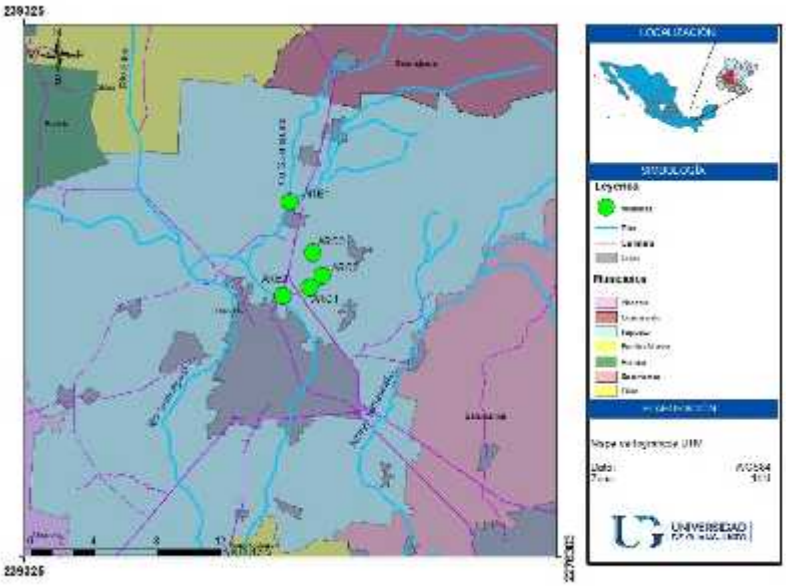


Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo.

Las parcelas muestreadas se encontraban en reposo, con desechos de cultivos previos. La preparación de las muestras se efectuó siguiendo el protocolo de la NOM-021-SEMARNAT-2000, incluyendo el secado a temperatura ambiente, la molienda con mazo de madera, el cuarteo, homogeneización y el tamizado con tamiz malla 10.

Para cada determinación analítica se efectuaron tres repeticiones, las cuales se llevaron a cabo en el Laboratorio de Aguas de la División de Ciencias de la Vida (DICIVA, Universidad de Guanajuato). Para las determinaciones de las propiedades físicas y químicas de los suelos se siguieron los métodos de la NOM-021-SEMARNAT-2000. Para cuantificar las proporciones porcentuales de arena, limo y arcilla en la fracción mineral de las muestras de suelo se utilizó el método del hidrómetro. En primer lugar, se procedió a la destrucción de la materia orgánica con peróxido de hidrógeno al 30% y, en segundo lugar, se añadieron tres agentes dispersantes para individualizar las partículas del suelo. Para la determinación del pH se empleó el método potenciométrico medido en agua, en una relación suelo-agua 1:2. El contenido de materia orgánica se cuantificó por la técnica de Heiri *et al.*, (2001; Pérdida por Ignición: PPI) a una temperatura de 550 ºC (PPI550).

Las concentraciones totales de elementos traza (As, Cu, Pb y Zn; mg kg^{-1}) fueron realizadas en el Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas (CIATEC, A.C.), León (Gto.) mediante Espectrometría de Emisión Atómica con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-AES), con base en la norma NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004. El Índice de Geoacumulación (Müller, 1969) se calculó siguiendo la fórmula:

$$I_{geo} = \ln \frac{C_n}{1.5\, B_n}$$

donde Cn es la concentración medida del elemento en el suelo y Bn es el valor de fondo geoquímico o background. Los valores de fondo se tomaron con respecto a los valores de la corteza continental (Rudnick y Gao, 2003).

Matrices de correlación se realizaron con la variables analizadas con la finalidad de medir la interdependencia entre cada pareja de variables y todas al mismo tiempo, dicha matriz muestra los coeficientes de correlación correspondientes entre cada par de variables de cada celda expresada de -1 a 1.Las matrices de correlaciones fueron obtenidas a través de la utilización del paquete StatGraphics (StatGraphics Plus Version 5.1 Professional, 2001).

Resultados y Discusión

Los suelos analizados fueron descriptos como Vertisoles *(Typic Haplusters)* y Entisoles *(Typic Ustefluvent).* Los primeros resultaron con clase textural arcillosa (arcilla: 55.96-73.96%) mientras que los segundos mostraron una clase textural desde franca a arenosa (arena: 26.04-88.04%). Para los suelos arcillosos, la PPI550 varió entre 4.87 (ARC3) y 7.41% (ARC1) y para los suelos más arenosos fluctuó entre 1.45 (ARE2) y 4.94% (ARE1). El pH de los suelos se clasificó como medianamente alcalino (ARC2) a fuertemente alcalino (ARE1 y ARE2). En los suelos arcillosos, los contenidos de arcilla aumentaron a mayor profundidad (r= 0.65, n= 18, p= 0.0037) mientras que la PPI550 disminuyó con la profundidad (r= -0.65, n= 18, p= 0.0034). Para el caso del pH, no se encontró ningún coeficiente de correlación con las variables analizadas. Asimismo, los suelos más arenosos presentaron en general un aumento de los limos y arcillas con la profundidad (r= ~ 0.80).

Las concentraciones de los elementos en todas las muestras analizadas se encontraron por debajo del límite de referencia reportado en la norma mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004.

ARC1, ARC2 y ARC3 mostraron correlaciones positivas altamente significativas entre Pb y Zn (r= 0.70, n= 18, p= 0.0012), indicando las mismas fuentes de aporte para ambos elementos. Los contenidos de Pb y Zn disminuyeron con la profundidad y presentaron correlaciones positivas con la PPI550 (r= 0.56, n= 18, p= 0.0156 y r= 0.72, n= 18, p= 0.0008, respectivamente). En ARE1 y ARE, el Cu mostró una correlación positiva con la PPI550 (r= 0.75, n= 18, p= 0.0053) y la fracción arcilla exhibió una correlación positiva con el Pb y el Cu (r= 0.79, n= 12, p= 0.0153 y r= 0.72, n= 12, p= 0.0000, respectivamente). Steinnes (2013) reportó una gran afinidad del Cu y Pb con la materia húmica y la textura más fina de los suelos. El pH no mostró ningún grado de asociación con los elementos analizados.

En cuanto al Igeo, las muestras de los perfiles arcillosos alcanzaron una clase 0/6 (no contaminado) principalmente para el As, Cu y Zn (Figura 2). Para el Pb, estos perfiles alcanzaron clase 1/6 (moderadamente contaminado). Los perfiles arenosos obtuvieron una clase 1 en general para todos los elementos. Las clases 1 de Igeo obtenidas indicaron que los elementos se encontraron en niveles por encima del valor de fondo de las rocas (origen natural), por lo que indicarían una acumulación de los metal(oides) por actividades antrópicas, como el uso de fertilizantes, fungicidas y pesticidas, desechos de actividades industriales (Machender *et al.*, 2011) y probablemente, agua de riego (As).

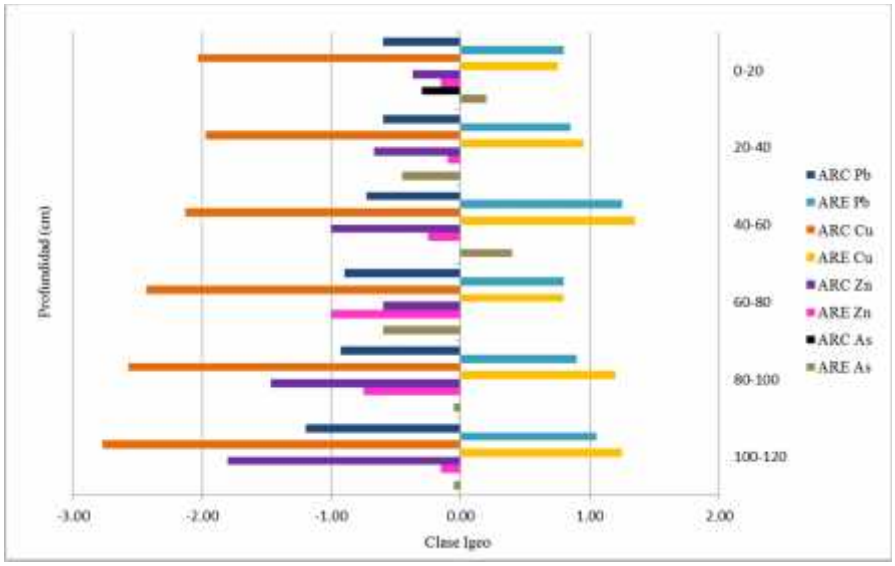


Figura 2. Igeo calculados para los perfiles de suelos (arcillosos: ARC y arenosos: ARE) Igeo < 0: no contaminado; 0 < Igeo < 1: no contaminado a moderadamente contaminado; 1 < Igeo < 2: moderadamente contaminado.

Conclusiones

Los contenidos de los elementos en todas las muestras analizadas se encontraron por debajo del límite de referencia reportado en la norma mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004. Con base en el Igeo, existió una acumulación en los suelos arcillosos principalmente de Pb y en los arenosos de As,

Cu y Pb, indicando un aporte antrópico probablemente por el uso de agroquímicos, efluentes industriales y agua de riego. Para los suelos arenosos, el río Guanajuato podría actuar como un agente de transporte y depositación de contaminantes industriales e incluso, desechos de origen minero. Los suelos arenosos mostraron una mayor retención de elementos en las fases sólidas del suelo asociados probablemente a procesos de co-precipitación en partículas minerales. En cambio, los suelos arcillosos presentaron concentraciones menores de los elementos y especialmente, de As, indicando una mayor movilidad relativa y biodisponibilidad. Estudios futuros incluyendo análisis mineralógicos, hidroquímica y técnicas de extracción química secuencial permitirán analizar de manera integral la problemática de acumulación de estos metales y metaloides en los suelos del noreste del municipio de Irapuato, evaluando si existe un riesgo real de contaminación al ambiente, y la salud humana.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Secretaría de Educación Pública (SEP) a través del proyecto PRODEP-2015, cuyo recurso permitió realizar la presente investigación.

Referencias

Galán-Huertos, E. y A. Romero-Baena, A. 2008. Contaminación de suelos por metales pesados. Macla 10: 48-60.

Heiri, O., A. F. Lotter. and G. Lemcke. 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. J Paleolimnol. 25: 101-110.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2009. Disponible en: http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/gto/economia/default.aspx?tema=me&e=11 Consultado: 30 de julio de 2016.

Loska, K., D. Wiechula and I. Korus. 2004. Metal contamination of farming soils affected by industry. Environ Int. 30: 159-165.

Machender, G., R. Dhakate, L. Prasanna and P.K. Govil. 2011. Assessment of heavy metal contamination in soils around Balanagar industrial area, Hyderabad, India. Environ Earth Sci. 63: 945-953.

Müller, G. 1969. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. Geo J. 2: 108-118.

Nriagu, J.O. and J.M. Pacyna. 1988. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace elements. Nature 333: 134-139.

Rudnick, R.L. and Gao, S. 2003. Composition of the continental crust. Treatise on Geochemistry 3: 1-64.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2012. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. Disponible en: http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Informe_2012.pdf. (Consultado: 15 de Agosto de 2016).

SEMARNAT. 2000. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación (DOF), martes 31 de diciembre de 2002.

SEMARNAT (2004). Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación (DOF), 11 de noviembre de 2005.

Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy: United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Services, 12th edition. pp: 314.

Statgraphics Plus Ver. 5.1 Professional 2001. STSC and Statistical Graphics Corporation. Bekersville, Maryland, USA.

Steinnes, E. 2013. Lead. In: Heavy metals in soils, trace elements and metalloids and their bioavailability, B. Alloway (ed.), Springer (Ed.). pp. 395-409.

TAMAÑO DE CONTENEDOR Y SUSTRATO EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE CAFÉ EN VIVERO

Ortiz-Timoteo, V.[1*]; Ordaz-Chaparro, V. M.[1]; Aldrete, A.[1]; Escamilla-Prado, E.[2]; Sánchez-Viveros, G.[3]; López-Romero, R. M[1].

[1]Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. México.
[2]Centro Regional Universitario Oriente. Huatusco, Veracruz. México.
[3]Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. México.
*Autor responsable: ortiz.virginia@colpos.mx; Calle Nicolás Bravo Núm. 33, Col. Montecillo, Texcoco, México. México. CP 56230; Tel. 595 107 28 45

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar el tamaño de contenedor y las propiedades físicas de sustratos en la producción de plántulas de café (*Coffea arabica*) variedad Colombia injertadas en *Coffea canephora*. Se compararon tubetes de 1.0 y 0.5 L y mezclas de sustrato aserrín - tezontle (3:1) con fertilización de lenta liberación y compost, además se incluyó como testigo la siembra en bolsa con suelo 1.0 L y fertilizante soluble. Los tratamientos evaluados constaron de seis repeticiones y se organizaron en un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial incompleto. Se emplearon 10 plantas injertadas como unidad experimental. De las mezclas de sustratos se caracterizaron las propiedades físicas: espacio poroso total, material sólido, capacidad de aireación y porosidad de retención de humedad. En las plantas se evaluaron la altura, número de hojas y biomasa total. Los resultados indican que la mezcla de aserrín - tezontle (3:1) con fertilizante de lenta liberación presenta características más apropiadas para su empleo como sustrato. La altura y número de hojas fue mayor en el tubete grande (1.0 L). La altura, número de hojas y biomasa total fue mayor al emplear aserrín - tezontle (3:1) con fertilizante de lenta liberación. Las plantas establecidas en tubete grande con aserrín - tezontle (3:1) y fertilizante de lenta liberación sobresalieron en altura, número de hojas y biomasa total.

Palabras clave
Biomasa; tubete; fertilizante de lenta liberación; fertilizante soluble; compost; propiedades fisicas

Introducción

La producción de cafetos vigorosos en condiciones de vivero constituye la base para el establecimiento en campo (Arizaleta y Pire, 2008), entre los aspectos a considerar destacan la selección y manejo del sustrato. Al respecto, es importante identificar sustratos de fácil adquisición, con una densidad aparente adecuada, que reduzca el sobrepeso durante el transporte de las plantas (Hidalgo *et al*., 2009). Muchos productores emplean el suelo para la propagación de plantas, lo que genera problemas de plagas y enfermedades, principalmente nematodos, ya que se extrae suelo de las fincas cafetaleras. Por lo tanto, la utilización de sustratos alternativos es una opción, entre ellos, las mezclas de materiales con aserrín crudo, han tenido resultados favorables en la producción de *Pinus* (Hernández-Zarate *et al*., 2014) y *Cedrela odorata* (Mateo-Sánchez *et al.*, 2011). Aunque la ventaja del aserrín es su bajo costo, es un material orgánico que entra en descomposición, lo que reduce su vida útil como sustrato. Es posible que, al mezclarlo con materiales inorgánicos como tezontle,

disminuyan los cambios en sus propiedades físicas, proporcionando un sustrato más durable (Pineda-Pineda *et al*., 2012).

Las mezclas de diferentes materiales inorgánicos u orgánicos pueden proporcionar propiedades idóneas (Cruz-Crespo *et al*., 2010). Al respecto, la incorporación de algún material que aporte nutrientes, como el compost, reduciría el uso de la turba y el suelo, y promovería el reciclaje de residuos orgánicos de la región (Basil *et al*., 2009). Asimismo, al mezclar compost con medios inertes, mejora sus características físicas y químicas, evitando la hipoxia (Márquez e*t al*., 2008). Se considera a las características físicas de los sustratos como las más importantes, ya que una vez establecido el cultivo son difícil de modificar (Pineda-Pineda *et al*., 2012).

En la búsqueda de alternativas viables que reduzcan la extracción excesiva del suelo de las fincas cafetaleras y la contaminación por nematodos, se planteó como objetivo evaluar el tamaño de contenedor y las propiedades físicas de sustratos en la producción de plántulas de café (*Coffea arabica*) variedad Colombia injertadas en *Coffea canephora*.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en un vivero de la localidad de Zacamitla, municipio de Ixhuatlán del Café (altitud: 1180 m y ubicación geográfica: 19º03'05'' N y 96º58'16'' W). Las plántulas evaluadas fueron de *C. arabica* var. Colombia injertadas en *C. canephora.*

Los tratamientos (Cuadro 1) se constituyeron por tamaño de tubetes (0.5 y 1.0 L) y mezclas del sustrato aserrín - tezontle (3:1) con fertilización de lenta liberación y compost, además se incluyó como testigo la siembra en bolsa con suelo 1.0 L y fertilizante soluble, en un diseño completamente al azar con arreglo factorial incompleto 3 x 3 (3 contenedores x 3 sustrato con tres fuentes de fertilización). La unidad experimental estuvo constituida de 10 plantas injertadas con seis repeticiones.

Cuadro 1. Tratamientos aplicados a las plantas de café

Factor A Contenedor	Factor B Sustrato	Número de tratamiento
Tubete chico (0.5 L)	Aserrín - tezontle (3:1) con fertilizante de lenta liberación	1
Tubete chico (0.5 L)	Aserrín - tezontle (3:1) 25 % con compost 75 %	2
Tubete grande (1.0 L)	Aserrín - tezontle (3:1) con fertilizante de lenta liberación	3
Tubete grande (1.0 L)	Aserrín - tezontle (3:1) 25 % con compost 75 %	4
Bolsa	Suelo con fertilizante soluble (testigo)	5

Los sustratos previamente humedecidos, se colocaron en recipientes de 20 L, para realizar las mezclas correspondientes y se llenaron los tubetes. A los tratamientos sin compost se les agregó un fertilizante mineral de lenta liberación 50 % de Multicote de 4 meses (18-6-12 + ME) y 50 % de 8 meses (18-6-12+2MgO + ME), cuya dosis fue de 7 g L^{-1}. Las plántulas de *C. arabica y C. robusta* de dos y tres meses después de la siembra, respectivamente, se injertaron y se trasplantaron en los tubetes de 0.5 y 1.0 L, así como en las bolsas.

La caracterización de las propiedades físicas de los sustratos se realizó en el laboratorio de Física de Suelos del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. De la mezcla de cada sustrato, se tomó una muestra de 5 L para determinar las siguientes propiedades físicas: porosidad total, porosidad de aireación y porosidad de retención de humedad, se realizó con el procedimiento descrito por Landis *et al*. (1990), que consistió en saturar el sustrato y registrar el peso; drenar el sustrato y tomar el peso y finalmente, secar en la estufa para obtener el peso seco. El material sólido se obtuvo por la diferencia del cien por ciento menos la porosidad total.

Las variables evaluadas en las plántulas a los ocho meses y medio después del trasplante fueron: altura de planta, número total de hojas y biomasa total. Los datos obtenidos de los sustratos se presentan como medias (± desviación estándar) y los registrados en las plantas se analizaron con el software Statistical Analysis System (SAS, 2002) para determinar el análisis de varianza y comparación de medias con intervalos de confianza al 95%.

Resultados y Discusión

En el cuadro 2 se presentan los valores obtenidos de la caracterización física de los sustratos. Se observa que el espacio poroso total y el material sólido fueron similares en las mezclas de sustratos. Con relación al espacio poroso total que supera al 80% en todas las mezclas de sustratos, se ubica como adecuados, ya que valores superiores al 70% son los óptimos (Cabrera, 1999). Los resultados encontrados en este estudio son similares a los reportes de Berrospe-Ochoa *et al.* (2012) y Puerta *et al.* (2012) en sustratos diferentes a los del presente estudio. Cabe señalar que la adecuada proporción de poros con capacidad de retener agua favorece la obtención de agua y nutrientes para el desarrollo de la planta (Barbaro *et al*., 2014).

Cuadro 2. Características físicas de los sustratos

Tratamiento	EPT	MS	PA	PRH
		%		
T1	83.92 ± 0.04	16.08 ± 1.33	32.35 ± 4.29	51.57± 4.85
T2	83.95 ± 2.10	16.05 ± 1.33	24.10 ± 5.61	59.85 ± 7.16
T3	83.92 ± 0.04	16.08 ± 1.33	32.35 ± 4.29	51.57± 4.85
T4	83.95 ± 2.10	16.05 ± 1.33	24.10 ± 5.61	59.85 ± 7.16
T5	-	-	-	-

T1 = tubete chico con aserrín - tezontle (3:1) y fertilizante de lenta liberación; T2 = tubete chico con aserrín - tezontle (3:1) 25 % y compost 75 %; T3 = tubete grande con aserrín - tezontle (3:1) y fertilizante de lenta liberación; T4 = tubete grande con aserrín - tezontle (3:1) 25 % y compost 75 %; T5 = bolsa con suelo y fertilizante soluble (testigo); EPT= espacio poroso total; MS = material sólido; PA = porosidad de aireación; PRH = porosidad de retención de humedad.

La porosidad de aireación fue mayor a 30% en los tratamientos conformados por aserrín y tezontle (3:1) con fertilizante de lenta liberación, lo que indica que se encuentran en niveles óptimos (Hernández-Zarate *et al*., 2014). Cabe señalar que Trejo-Téllez *et al*. (2013) en tezontle encontraron mayor capacidad de aireación con respecto al sustrato orgánico y reportan valores superiores a los del presente estudio, posiblemente por emplear el tezontle sin mezclas.

La retención de humedad fue mayor en la composición de aserrín - tezontle (3:1) 25% y compost 75%, aunque todos superaron el 50%, al respecto, Hernández-Zarate *et al.* (2014) en tratamientos con mayor proporción de aserrín observaron porcentajes mayores de 42%, debido a la existencia de más partículas finas y recomiendan la mezcla de estos materiales con partículas más grandes que aporten mayor aireación.

En función del tamaño de tubete, a los ocho meses y medio después del trasplante, los mayores valores en altura, número de hojas y biomasa total, se alcanzaron en los tubetes de tamaño grande (1.0 L), además en la última variable, también sobresalió el tubete chico (0.5 L). Al respecto, Arizaleta y Pire (2008) encontraron que bolsas más grandes (18 x 23 cm) presentan ventajas sobre las más pequeñas en el crecimiento de plantas de café y envases de 170 cm^3 favorecieron la producción de plantas de *Pinus en* vivero con respecto a los de 80 cm^3 (Prieto *et al*., 2007).

Cuadro 3. Efecto del tamaño de contenedor en la altura, número de hojas y biomasa total en plantas de café.

Factor A	Altura de planta	Número de hojas	Biomasa total
	cm		g
TG	25.7a	12.0a	5.1a
TCH	21.2b	9.0b	4.2a
B	20.6b	7.0b	2.3b

G = Tubete grande; TCH = tubete chico; B = bolsa. Letras distintas en la misma columna son significativamente diferentes (Tukey α = 0.05).

En cuanto al efecto de la mezcla de sustratos con diferentes fuentes de fertilización en el cuadro 4 se observa que al emplear aserrín - tezontle (3:1) con fertilizante de lenta liberación se lograron los valores más altos en altura, número de hojas y biomasa total. El efecto de la combinación tubete grande con aserrín - tezontle (3:1) y fertilizante de lenta liberación (Cuadro 5) sobresalió en la altura, número de hojas y biomasa total, aunque en esta última variable, también destacaron las plantas establecidas de tubete chico con aserrín - tezontle (3:1) y fertilizante de lenta liberación. En estudios con tomate, las mezclas de tezontle con aserrín aserrín reciclado (20/80 y 30/70, v/v) producen rendimientos similares a los obtenidos en mezclas nuevas (Vargas-Canales *et al*., 2014).

Cuadro 4. Efecto de la mezcla de sustrato con fuentes de fertilización en la altura, número de hojas y biomasa total en plantas de café.

Factor B	Altura de planta	Número de hojas	Biomasa total
	cm		g
ATFLL	27.2a	11.0a	7.1a
SFS	20.6b	7.0c	2.3b
ATC	19.7b	9.0b	2.3b

ATFLL= aserrín - tezontle (3:1) con fertilizante de lenta liberación; SFS = suelo en bolsa con fertilizante soluble (testigo); ATC = aserrín - tezontle (3:1) 25 % y compost 75 %. Letras distintas en la misma columna son significativamente diferentes (Tukey α = 0.05)

Cuadro 5. Efecto de la combinación tamaño de tubete con la mezcla de sustrato con diferentes fuentes de fertilización en la altura, el número de hojas y la biomasa total en plantas de café.

Combinación	Altura de planta	Número de hojas	Biomasa total
	cm		g
TG + ATFLL	30.1a	13.0a	7.5a
TCH + ATFLL	24.3b	9.0bc	6.6a
TG + ATC	21.3c	11.0ab	2.7b
B + FS	20.6c	7.0c	2.3b
TCH + C	18.2d	8.0c	1.8b

TG + ATFLL = tubete grande con aserrín - tezontle (3:1) y fertilizante de lenta liberación; TCH + ATFLL = tubete chico con aserrín - tezontle (3:1) y fertilizante de lenta liberación; TG + ATC = tubete grande con aserrín - tezontle (3:1) 25 % y compost 75 %; TCH + ATC = tubete chico con aserrín - tezontle (3:1) 25 % y compost 75 %; B + FS = testigo. Letras distintas en la misma columna son significativamente diferentes (Tukey α = 0.05)

Conclusiones

Los sustratos evaluados presentaron características similares; sin embargo, la mezcla de aserrín y tezontle (3:1) con fertilizante de lenta liberación destacó con un rango óptimo en la porosidad de aireación. El tubete grande (1.0 L) sobresalió con relación al tubete chico y la bolsa, en altura y número de hojas de las plántulas de café. Las plántulas sobresalieron en altura, número de hojas y biomasa total al emplear aserrín - tezontle (3:1) con fertilizante de lenta liberación. Las plantas establecidas en tubete grande con aserrín - tezontle (3:1) y fertilizante de lenta liberación sobresalieron en altura, número de hojas y biomasa total.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para mis estudios doctorales.

Referencias

Arizaleta, M., y R. Pire. 2008. Respuesta de plántulas de cafeto al tamaño de la bolsa y fertilización con nitrógeno y fósforo en vivero. Agrociencia 42: 47-55.

Barbaro, L. A., S.C. Imhoff y D. E. Morisigue. 2014. Evaluación de sustratos formulados con corteza de pino, pinocha y turba subtropical.Cienc. Suelo (Argentina) 32: 149-158.

Basil, G., M. J. Mazzarino, L. Roselli y F. Letourneau. 2009. Efecto del compost de biosólidos en la producción de plantines de *Austrocedrus chilensis* (ciprés de la cordillera). Ci. Suelo (Argentina) 27: 49-55.

Berrospe-Ochoa, E., V. M. Ordaz-Chaparro, M. N. Rodríguez-Mendoza y R. Quintero-Lizaola. 2012. Cachaza como sustrato para la producción de plántula de tomate. Revista Chapingo Serie Horticultura 18: 141-156.

Cabrera, R. I. 1999. Propiedades, usos y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 5-11.

Cruz-Crespo, E., M. Sandoval, V. Volke, V. M. Ordaz, J. L. Tirado, y J. Sánchez. 2010. Generación de mezclas de sustratos mediante un programa de optimización utilizando variables físicas y químicas. Terra Latinoamericana 28 (3): 219-229.

Hernández-Zarate, L., A. Aldrete, V. M. Ordaz-Chaparro, J. López-Upton, M. A. López-López. 2014. Crecimiento de *Pinus montezumae* Lamb. en vivero influenciado por diferentes mezclas de sustratos. Agrociencia 48: 627-637.

Hidalgo, L., P. R. M. Sindoni y J. R. Méndez. 2009. Importancia de la selección y manejo adecuado de sustratos en la producción de plantas frutales en vivero. Revista UDO Agricola 9: 282-288.

Landis, T. D., R. W. Tinus, S. E. McDonald and J. P. Barnett. 1990. The Container Tree Nursery Manual. Containers and growing Media. Vol. 2. Agric. Handbook. 674. Washington, USDA, Forest Service. 88 p.

Márquez, H. C., P. Cano y N. Rodríguez. 2008. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero. Agricultura Técnica en México 34: 69-74.

Mateo-Sánchez, J. J., R. Bonifacio-Vázquez, S. R. Pérez-Ríos, L. Mohedano-Caballero y J. Capulín-Grande. 2011. Producción de (*Cedrela odorata* L.), en sustrato a base de aserrín crudo en sistema tecnificado en Tecpan de Galeana, Guerrero, México. Ra Ximhai. 7: 123-132.

Pineda-Pineda, J., F. C. Sánchez del Castillo, A. Ramírez-Arias, A. M. Castillo-González, L. A. Valdés-Aguilar y E. C. P. Moreno. 2012. Aserrín de pino como sustrato hidropónico. I: variación en características físicas durante cinco ciclos de cultivo. Revista Chapingo Serie Horticultura 18: 95-111.

Prieto R. J. A., P. A. Domínguez, E. H. Cornejo y J. J. Návar Cháidez. 2007. Efecto del envase y del riego en vivero en el establecimiento de *Pinus cooperi* Blanco en dos condiciones de sitio. Madera y Bosques 13: 79 – 97.

Puerta, A. C. E., T. Russian y C. A. Ruiz. 2012. Producción de plántulas de pimentón (*Capsicum annuum* L.) en sustratos orgánicos a base de mezclas con fibra de coco. Revista UDO Agrícola 12: 298-306.

Trejo-Téllez, L. I., M. Ramírez-Martínez, F. C. Gómez-Merino, J. C. García-Albarado, G. A. Baca-Castillo y O. Tejeda-Sartorius. 2013. Evaluación física y química de tezontle y su uso en la producción de tulipán. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 5: 863-879.

Vargas-Canales, J. M., A. M. Castillo-González, J. Pineda-Pineda, J. A. Ramírez-Arias y E. Avitia-García. 2014. Extracción nutrimental de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en mezclas de tezontle con aserrín nuevo y reciclado. Revista Chapingo Serie Horticultura 20: 71-88.

TAXONOMÍA DE LOS SUELOS EN AREAS FUERA DE RESERVAS NATURALES DE CAMPECHE

Palma-López, D.J.[1*]; Zavala-Cruz, J.[1]; Bautista, F[2].; López-Castañeda A[3]; Shirma-Torres, E.D.[1]

[1]Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Cárdenas, Tabasco. México.
[2]CIGA-Universidad Nacional Autónoma de México
[3]Universidad Popular de la Chontalpa

*Autor responsable: dapalma@colpos.mx; Calle Castaño Núm. 314, Col. Los Reyes Loma Alta, Cárdenas, Tabasco. México. CP 86570; Tel. +52(937)-1211689

Resumen

El objetivo de este trabajo fue definir la taxonomía de los diferentes suelos ubicados en el área fuera de las reservas del estado de Campeche. Para ello se utilizó como base cartográfica el mapa de suelos a nivel 1:250 000 de toda la superficie del estado descrita con el sistema de clasificación de Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Se realizó cartografía semidetallada a escala 1:75, 000 en 4 371 800 ha consideradas fuera de Reservas Naturales Protegidas. Los suelos fueron clasificados por medio de la Soil Taxonomy. Los datos indican que los tipos de suelos se agrupan en seis órdenes de suelos, los cuales se subdividen en diferentes subgrupos que ocupan los siguientes % del territorio campechano: el orden Molisol que ocupan más del 50% del territorio, Alfisol 17%, Entisol 16%, Vertisol 9%, Inceptisol 4% e Histosol 1%.

Palabras clave
Taxonomia de suelos; cartografia; Suelos tropicales.

Introducción

El suelo juega un papel importante para el desarrollo agrícola de un país, sin embargo, a pesar de su importancia en México existen pocos estudios de suelos a escalas semidetalladas. La cartografía de suelos debe utilizarse para tomar decisiones, la información generada en un estudio de suelos pude representarse de forma práctica en un mapa que describa las características de los suelos. El estado de Campeche muestra una gran diversidad de suelos a nivel general, gran parte de estos pertenecen a las Áreas Naturales Protegidas (ANP), sin embargo, existen tierras con potencial agropecuario fuera de las ANP, en los que se pueden desarrollar actividades agroproductivas. El objetivo de este estudio es determinar la taxonomía de los suelos fuera de las ANP, que puedan servir para planificar el desarrollo sustentable de Campeche.

Materiales y Métodos

Se tomó como base la información cartográfica de estudio de suelos a escala 1:250 000 (Palma-López *et al*., 2012), posteriormente se generó cartografía a escala 1: 75 000 utilizando como base imágenes de satélite SPOT y los modelos digitales de elevación del Inegi. Sobre este mapa se ubicaron sitios para describir perfiles edafológicos, se describieron de acuerdo al manual publicado por Cuanalo

(1990). Se realizaron análisis de las muestras conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-021 RECNAT-2000 (Diario Oficial, 2002). Con los datos de análisis químicos y la descripción en campo se hizo la clasificación taxonómica a nivel de subgrupos, con base en Soil Taxonomy de la Soil Survey Staff (2010). Se precisaron linderos mediante fotointerpretación, modelos digitales de elevación, barrenaciones en campo y con el apoyo de los perfiles descritos en campo anteriormente por el INEGI.

Resultados y Discusión

El estudio abarcó una superficie de 4 371 800 ha en el cual se desarrollan suelos de los órdenes: Histosol, Vertisol, Molisol, Alfisol, Inceptisol y Entisol (Figura 1).

Histosoles.
Suelos orgánicos poco descompuestos que presentan densidad aparente muy baja, Se desarrollan sobre relieves de cordones litorales bajos con turba, en sitios con anegamiento casi permanente. Se clasificaron suelos del subgrupo Hemic Haplosaprists. Estos suelos conforman una pequeña superficie de 15 854.3 ha, distribuida hacia el noreste del estado bordeando lagunas salobres, representan menos del 1% del total del área.

Vertisoles.
Suelos arcillosos que se tornan muy plásticos y pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando se secan, de tal forma que se agrietan; se ubican en ambientes que sufren de inundaciones por periodos cortos, sobre relieve denominado planicie residual inundable y acumulativa. Se identificaron tres subgrupos: Cromic Endoaquerts, Typic Calciaquerts y Typic Endoaquerts; que se distribuyen en el centro y sureste del estado ocupando 407 772.16 ha.

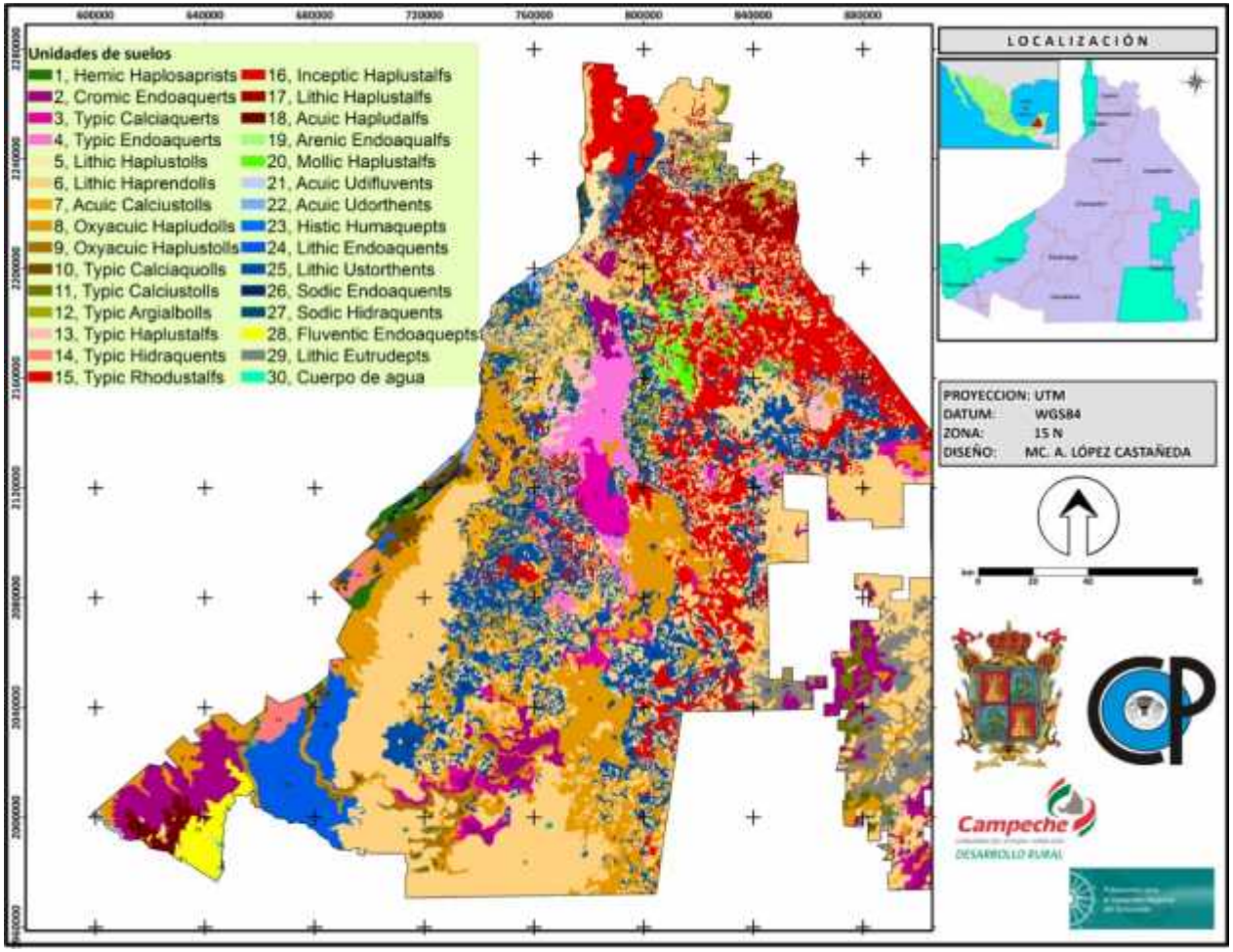


Figura 1. Mapa de distribución de suelos a nivel de subgrupos en zonas fuera de ANP de Campeche

Molisoles.
Suelos con horizonte superficial profundo, muy oscuro y alto contenido de materia orgánica y nutrimentos. Son suelos muy fértiles pero la mayor parte de ellos son poco espesos. Se pueden ubicar sobre relieves de planicie residual acumulativa e inundable, donde se encontraron los subgrupos Lithic Haplustolls y Oxyacuic Haplustolls; en Planicie amplias acumulativa y palustre los Typic Calciustolls, Acuic Calciustolls; en terraza cárstica los Lithic Haprendolls; en llanuras de inundación los Typic Calciaquolls y en planicies confinadas Typic Argialbolls y Oxiaquic Hapludolls. Estos suelos se distribuyen en la mayor parte del territorio, representan más del 50% del territorio (2 255 075.17), dominando los Molisoles delgados.

Alfisoles.
Presentan acumulación de arcillas en las capas secundarias y saturación de bases intercambiables por encima de 35%. Se distribuyen sobre planicie confinada amplia y terrazas bajas inundadas suelos de los subgrupos Mollic Hapludalfs, Inceptic Haplustalfs y Lithic Haplustalfs; Acuic Hapludalfs, Arenic Endoaqualfs y Mollic Haplustalfs en dolinación incipiente y en planicie alta y planicie interior suelos Typic Rhodustalfs. Ocupan en total 778661.43 ha.

Inceptisoles.
Morfológicamente presentan perfiles de formación incipiente, en los cuales se destaca la presencia de un horizonte cámbico. Los suelos estudiados son derivados de depósitos residuales de topografía plana, presentaron tres subgrupos: Histic Humaquepts, Lithic Eutrudepts y Fluventic Endoaquepts, que ocupan 182138.97 ha.

Entisoles.
Presentan poco desarrollo de perfil ya que generalmente el horizonte A se encuentra sobre el material parental o bien están formados por aluvionamiento reciente. Por lo general son de topografía variable con pendientes planas a extremadamente inclinadas. Se presentaron siete subgrupos: Acuic Udifluvents, Acuic Udorthents, Lithic Endoaquents, Lithic Ustorthents, Sodic Endoaquents, Typic Hidraquents y Sodic Hidraquents; que abarcan 726682.62 ha.

Conclusiones
Mediante este estudio se identificaron seis ordenes de suelos en la superficie de Campeche que puede ser dedicada a la agricultura (4 371 800 ha) dado que se encuentra fuera de las Áreas Naturales Protegidas. El % de la superficie estudiada que ocupan cada uno de estos ordenes es: el orden Molisol que ocupa alrededor del 50% del territorio, Alfisol 17%, Entisol 16%, Vertisol 9%, Inceptisol 4% e Histosol 1%. Se identificaron 29 subgrupos de suelos, los órdenes más diversos fueron: los Molisoles, los Alfisoles y los Entisoles.

Referencias
Cuanalo de la C., H. 1990. Manual para la descripción de perfiles en el campo. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

Diario Oficial. 2002. NOM-021-RECNAT-2000 Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SERMANAT).

Palma-López D.J., J. Zavala-Cruz, M. A. Morales-Garduza, F. Bautista-Zuñiga, A. López-Castañeda, E. D. Shirma-Torres. 2012. Clasificación y Cartografía del estado de Campeche. En Memoria de XXXVII Congreso de la Ciencia del Suelo. Zacatecas, Zac, México.

Soil Survey Staff. 2010. Keys to soil taxonomy. Tenth Edition. USDA, Natural Resources Conservation Service. U.S. Gouvernment Printing Office. Washington, D.C.

BIOMASA MICROBIANA DE UN SUELO UTILIZANDO VERMICOMPOSTA

Sánchez-Ramírez, H.[1*]; Carrasco-Salero, F.[1]

[1]Universidad Tecnológica del Valle de Toluca. Carr. del Departamento del D.F. Km 7.5. Santa María Atarasquillo, Lerma, Estado de México. C.P. 52014

*horte_417@yahoo.com.mx; Carretera del Departamento del D.F. Km 7.5. Santa María Atarasquillo, Lerma, Estado de México. C.P. 52014. Tel. 7221079860

Resumen

El presente trabajo pretende determinar la biomasa microbiana derivada del metabolismo de los microorganismos de una vermicomposta con estiércol vacuno a diferentes tiempos de incubación, para establecer su calidad como restaurador del suelo. El vermicomposteo permite reutilizar y degradar los desechos animales para convertirlos en abono orgánico, debido a los nutrientes que contienen, ya que elevan la fertilidad del suelo, disminuyen su perdida y evitan su degradación. La vermicomposta se elaboró con tres diferentes dosis de estiércol (4, 8 y 10 ton ha^{-1}), durante 60 días; se obtuvieron muestras a 15, 20 y 60 días del proceso de vermicomposteo, se determinó primero el CO_2 mediante una trampa alcalina en recipientes de vidrio con cierre hermético incubados durante 15 días a 25° C; la cuantificación del CO_2 desprendido fue con la valoración del NaOH con HCl y la biomasa microbiana por el método de fumigación-incubación según Vance (1987), en muestras de 10 g de suelo húmedo. Los resultados indicaron que la adición de Vermicomposta modifica la BM a los 15 y 20 días de incubación, debido a que mayor cantidad de Vermicomposta adicionada mayor será este parámetro. Por lo que, se puede concluir que los microorganismos están más estresados en los primeros días de incubación (15 y 20 días) y por lo tanto presentan mayor actividad biológica.

Palabras clave

Abono orgánico, Biomasa microbiana, Enmiendas, Lombricomposta.

Introducción

Actualmente debido a la demanda de productos alimenticios (de origen vegetal o procesados) para satisfacer las necesidades de la población, se ha visto el continuo uso de fertilizantes para elevar la productivad de cultivos y con el paso del tiempo el suelo se ha degradado, por lo que se están buscando alternativas para aumentar la fertilidad de los suelos de tal forma que permitan hacer un uso más eficiente y sostenible del mismo (Santamaría *et al*, 2001). Los fertilizantes químicos y plaguicidas tienen un alto costo, además de que su aplicación puede provocar daños al ambiente, los cuales impactan con el paso de los años a la salud humana (Nieto *et al*, 2002). Una alternativa es aplicar abonos orgánicos, en la actualidad considerados un producto altamente demandado, pudiendo ser de origen vegetal y/o animal y entre los más comunes destacan las compostas convencionales, la vermicomposta, abonos verdes, residuos de cosechas, y residuos orgánicos industriales (Orozco *et al*, 1996).

Entre los diferentes abonos orgánicos existen diferencias de concentración respecto a sus propiedades físicas y su composición química; la aplicación constante de ellos se observa que mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo. La vermicomposta contiene sustancias activas que actúan como reguladoras de crecimiento, posee gran CIC, así como un alto contenido de ácidos húmicos, además de gran capacidad de retención de humedad, porosidad elevada que facilita la aireación y drenaje del suelo, estabilidad de la estructura de los agregados del suelo y de los medios de crecimiento (Castillo *et al*, 2000).

La lombriz de tierra (*E. fetida)*, es una especie que se reproduce rápidamente, alcanza en poco tiempo altas densidades de población, cava túneles en el suelo blando y húmedo, succiona o chupa el desecho orgánico y digiere de ella las partículas vegetales o animales en descomposición, expulsando los elementos no digeribles y los residuos metabólicos, que son los que forman el humus (Ndegwa *et al*, 2000) y es el componente principal en la elaboración de la vermicomposta.

La adición de residuos vegetales o estiércoles incrementa la actividad y cantidad de la biomasa microbiana del suelo, la cual en suelos cultivados varía de 100 a 600 mg kg^{-1} de C-biomasa (Anderson y Domsch, 1989). Se define como biomasa microbiana (BM) al componente de la microbiota del suelo que es responsable de la degradación o descomposición, así como de la reconversión de materiales orgánicos y la transformación de nutrientes (Dalaly y Meyer, 1987; Smith y Paul, 1990; Witter 1996). También la BM del suelo se considera como la parte viva de la materia orgánica del suelo sin contar a las raíces de las plantas y a los animales de tamaño superior al de las amebas. La cuantificación de C-BM se expresa en mg C Kg^{-1} o ug C g^{-1} de suelo seco, según Jenkinson y Ladd, 1981; Anderson y Domsch, 1989 consideran que existe en el suelo entre 1 a 4 % de C orgánico.

Dentro del suelo existe una gran cantidad de organismos encargados de la degradación de estos residuos orgánicos (estiércol); son de diferente tamaño y funciones; ayudan a la formación y estructuración del suelo y en la movilización de nutrientes destacan entre estos organismos aquellos que no son visibles a simple vista denominados microorganismos como las bacterias, los hongos y los actinomicetos.

La agricultura orgánica es una alternativa para la producción sostenida de alimentos limpios y sanos; ya que no se utilizan químicos que dañen las plantas, al ser humano, el agua, el suelo y el ambiente (Alvajana, 2004; INFOAM, 2003 y Huang, 2005). El objetivo del presente estudio es determinar el CO_2 (bióxido de carbono) en mgCO_2/100 gSS producido por una vermicomposta a diferentes tiempos de incubación y analizar cuál es la dosis es la óptima como acondicionador del suelo y de esta forma también restaurar suelos dañados.

Materiales y Métodos

Muestreo de Suelo

El suelo agrícola (SA) fue obtenido de una parcela cerca de las inmediaciones de la Universidad Tecnológica del Valle de Toluca (UTVT) mediante un muestreo sistemático, cabe señalar que la parcela es de uso agrícola de temporal donde se cultiva comúnmente haba, trigo, maíz y avena. De acuerdo a la clasificación de la FAO el suelo es *Cambisol vertico* asociado a *Feozem haplico*, con textura fina. Se obtuvieron 20 muestras de suelo de 1 kg con ayuda de una barrena, considerando los primeros 20 cm de profundidad. Posteriormente se elaboró una muestra compuesta, la cual se dejó secar a temperatura ambiente y a la sombra; se homogenizo y se cuarteo para obtener la muestra compuesta, del total una cuarta parte se destinó para los análisis preliminares y el resto se utilizó en

el experimento.

Muestreo de abono orgánico
El muestreo del abono orgánico (AO) fue de tipo preferencial en un establo de la localidad de Ixtlahuaca, directamente en el lugar donde se deposita el estiércol de los animales. Se obtuvieron 20 muestras de 1 Kg con ayuda de una pala, para elaborar una muestra compuesta, la cual se secó al aire y a la sombra; se cuarteó y homogeneizó e igual que en el suelo, una cuarta parte se ocupó para los análisis preliminares y el resto se utilizó en el experimento.

Obtención de la lombriz
La lombriz de tierra (*E. fetida*) o, roja californiana que se utilizó provino de una granja de lombriz ubicada en Malinalco Estado de México, se seleccionaron individuos de color rojo tenue, característico de lombrices jóvenes, con el clitelum bien desarrollado (anillo de mayor tamaño localizado en la segunda sección del cuerpo), lo que indica que sexualmente están desarrolladas; con una longitud de 4 a 6 cm y un peso de 0.5 g por individuo.

Diseño del experimento
A partir de las muestras compuestas de AO y SA se prepararon diferentes mezclas de vermicomposta y se colocaron en recipientes de plástico (40 X 30 X 15 cm). Las dosis fueron 4, 8 y 10 ton ha^{-1} de AO. Para cada tratamiento se homogeneizó y al día siguiente de preparadas las tinas del experimento se le agregaron 10 lombrices a cada tratamiento, elaborados los tratamientos se trasladaron al invernadero y se mantuvieron por un periodo de 60 días procurando que no se secaran, regando las tinas cada tercer día. Se tomaron muestras de los tratamientos a los 15, 30 y 60 días después de iniciado el proceso de vermicomposteo.

Las muestras de SA y las diferentes dosis de AO se analizaron en el laboratorio de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000. Los análisis determinados fueron pH por el método AS-02, conductividad eléctrica (CE) con un conductivímetro, textura por el método de Bouyoucos, materia orgánica (MO) por calcinación y respiración microbiana.

Determinación de la Biomasa Microbiana (BM)
Para la determinación de la BM primero d determinó la respiración se por el método de la evolución de CO_2 vía trampa alcalina (Brewer y Sullivan, 2001) posteriormente la BM utilizando el método de fumigación-extracción de Vance (1987). Se provocó la muerte de los microorganismos del suelo con $CHCl_3$, y el C liberado se extrajo con K_2SO_4; se trabajó con un control no fumigado. Por diferencia entre el C extraído con K_2SO_4 en la muestra del suelo fumigadas y el C extraído de las muestras no fumigadas se determinó el C asociado a los microorganismos muertos.

Resultados y Discusión

El valor que presento un valor más alto de BM fue la DA, esto se debe a la incorporación de Vermicomposta. Podemos decir, que la adición de residuos vegetales o estiércoles incrementa la actividad y cantidad de Biomasa Microbiana del suelo, la cual en suelos cultivados varía de 100-600 mg kg^{-1} de C-Biomasa (Anderson y Domsch, 1989) (Cuadro 1 y 2).

Tratamiento	Flujo de C mgC/100g ss	Biomasa Microbiana (BM)	qCO_2 µmC-CO_2·mg^{-1} C-Biomasa·h^{-1}
DB	171.04	277.39	16.14
DM	126.04	280.09	16.17
DA	136.81	304.03	16.05

Cuadro 1. Valores de flujo de Carbono, del Carbono asociado a la Biomasa Microbiana y el coeficiente metabólico (qCO_2) a los 15 días de incubación.

Otro índice muy utilizado en estudios microbiológicos (Anderson y Domsch, 1990, Anderson y Domsch, 1993, y Agnelli *et al.*, 2001) es el cociente metabólico ($qCO_2 = C_{min}\ Cbio^{-1}h^{-1}$). Un mayor valor del qCO_2 indica que los microorganismos son menos eficientes en el uso de sus recursos energéticos, o bien, son más eficientes descomponiendo residuos orgánicos (Martínez *et al.*, 2008), como se puede observar en los valores obtenidos a los 20 días de incubación (Cuadro 2).

Tratamiento	Flujo de C mgC/100g ss	Biomasa Microbiana (BM)	qCO_2 µmC-CO_2·mg^{-1} C-Biomasa·h^{-1}
DB	41.76	63.09	69.94
DM	43.12	70.42	27.94
DA	26.63	73.94	11.23

Cuadro 2. Valores de flujo de Carbono, del Carbono asociado a la Biomasa Microbiana y el coeficiente metabólico (qCO_2) a los 20 días de incubación.

Por otra parte, la baja concentración de Biomasa Microbiana en los suelos de cultivo puede atribuirse a un decremento en la disponibilidad de carbono y nitrógeno en la Materia Orgánica, como consecuencia de la acelerada mineralización de la misma y la lixiviación de nutrientes minerales, procesos que son favorecidos por la destrucción de los agregados del suelo (Chaplot *et al.*, 2005; Cruz *et al.*, 2012), lo podemos observar en el Cuadro 2 de BM a los 20 días de incubación, respecto a los 15 y 60 días de incubación.

Tratamiento	Flujo de C mgC/100g ss	Biomasa Microbiana (BM)	qCO_2 µmC-CO_2·mg^{-1} C-Biomasa·h^{-1}
DB	131.45	292.12	4.06
DM	52.06	115.69	12.79
DA	30.78	68.40	18.79

Cuadro 3. Valores de flujo de Carbono, del Carbono asociado a la Biomasa Microbiana y el coeficiente metabólico (qCO_2) a los 60 días de incubación.

Conclusiones

El efecto producido por la incorporación de vermicomposta sobre Biomasa Microbiana, tuvo mayores valores en la incubación de 15 días. Ello evidencia las variaciones en la dinámica de las poblaciones

microbianas durante los 15 días debido a que los microorganismos desintegradores tuvieron una mayor respuesta metabólica (estrés), esto también se ve reflejado en un incremento de qCO_2 a los 60 días de incubación.

Referencias

Agnelli, A., Ugolini, F.C., Corti, G., Pietramellara, G., 2001. Microbial biomass-C and basal respiration of fine earth and highly altered rock fragments of two forest soils. Soil Biol. Biochem. 33: 613-620.

Alvajana, M. C. R.; Hoppin, J. A.; Kamel, F. 2004. Health effects of chronic pesticide exposure: cancer and neurotoxicity. Annu. Rev. Public Health 25: 155-197.

Anderson, J. and Domsch, K. 1989. Ratios of microbial biomasss carbon to total organic-C in arable solils. Soil Biol. Biochem. 21: 471-479.

Anderson, T. H. Domsch, K.H., 1990. Application of eco-physiological quotients (qCO_2 and qD) on microbial biomass from soil of different cropping histories. Soil Biol. Biochem., 22: 251- 255.

Anderson, T.-H., Domsch, K.H., 1993. The metabolic quotient for CO_2 (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. Soil Biol. Biochem., 25: 393-395.

Brewer, L. J. y Sullivan, D. M. 2001. Maturity and stability evaluation of composted yard trimmings. Compost Science & Utilization. 2: 96-112.

Castillo, E. A.; Quarín, H. S.; Iglesias, C. M. 2000. Caracterización química y física de compost de lombrices elaboradas a partir de residuos orgánicos puros y combinados. Agricultura Técnica (Chile) 60: 74-79.

Chaplot, V., C. Rumpel, and C. Valentín. 2005. Water erosion impact on soil and carbon redistributions within uplands of South East Asia. Glob. Biochem. Cycles 19: 20-32.

Cruz Ruiz, A.; Cruz Ruiz, E.; Aguilera Gómez, L. I.; Norman Mondragón, H. T.; Franco Maass, S.; Nava Bernal, G.; Dendooven, L.; Reyes Reyes, B. G. 2012. La Biomasa Microbiana En Suelos De Montaña Con Diferentes Usos: Un Estudio De Laboratorio. Terra Latinoamericana, vol. 30, núm. 3, 221-228.

Dalal, R and Meyer, R. 1987. Long term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in southern Queensland. VII. Dynamics of nitrogen mineralization potentials and microbial biomass. Aust. J. Soil Res. 25: 461-473.

Huang G.F., Wong, J., Nagar, B. B., Wu, Q. T. and Li, F. B. 2005. Bioavailability of heavy metals during humification of organic matter in Pig Manure compost. htttp://www.eco-web.com/editorial/050915.html.

IFOAM International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM). 2003. Normas Básicas de IFOAM para Producción y Procesamiento Orgánico. Victoria, Canadá. 158 pp, Agosto 2002. www.ifoam.org/standard/ spanish_norms.pdf.

Jenkinson, D. and Ladd, J. 1981. Microbial biomass insoil: measurement and turnover. In: Soil Biochemistry. E. Paul and J. Ladd. 5: 415-471.

Ndegwa, P. M.; Thompson, S. A.; Dass, K. C. 2000. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosólidos. Biores. Technol. 71: 5-12

Nieto, G. A.; Murillo; A. B.; Troyo, D. E.; Larrinaga, M. L., J. A.; García, H. J. L. 2002. El uso de compostas comoVermicomposta como alternativa ecológica para la producción sostenible de Chile (Capsicum annuum L.) en zonas áridas. Interciencia 27(8):417-421.

NOM-021-SEMARNAT-2000. Norma Oficial Mexicana Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos.

Martínez H. E., Fuentes E. J. P., Acevedo H.E. 2009. Carbono orgánico y propiedades del suelo. J. Soil Sc. Plant Nutr. 8:1, 68-96.

Orozco, F. H.; Cegarra, J.; Trujillo, L. Roig, A. M. 1996. Vermicomposting of coffe pulp using the earthworm Eisenia foetida: effects on C and N contents and the availability of nutrient"s. Biology and Fertility of Soils 22:162-166.

Santamaría, R. S.; Ferrera. C. R.; Almaraz, S. J. J.; Galvais, S. A.; Barois, B. I. 2001. Dinámica y relaciones de microorganismos, C-orgánico y N-total durante el composteo y vermicomposteo. Agrociencia. 35: 377-384.

Smith, J. and Paul, E. 1990. The significance of soil microbial biomass estimations. In: Soil Biochemistry, 6: 357-396.

Vance, E. D., Brookes, P. C. and Jenkinson, D. S. 1987. Microbial biomass measurement in forest soil: the use of the choloroform fumigation-incubation method in strongly acid soil. Soil Biology and Biochemistry 19, 697-702.

Witter, E. 1996. Soil C balance in a long-term field experiment in relation the zize of the microbial biomass. Biol. Fertil. Soil. 23: 33-37.

USO DE *Sporobolus airoides* Y *Atriplex nummularia* PARA REMOCIÓN DE METALES Y SALES EN SUELOS DEL DESIERTO CHIHUAHUENSE.

Serna-Salas, A.L.[1*]; Flores-Tavizón E.[1]

[1]Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez, Chihuahua. México.

*Autor responsable: greena89@hotmail.com; Calle: Avenida del Charro, Núm. 450 Norte, Col. Partido Romero, Ciudad Juárez, Chihuahua. México. CP 32310; Tel. +52(449)-193-5619.

Resumen

Actualmente nuestro planeta ha tenido un aumento importante en cuanto al crecimiento poblacional, y de las actividades agrícola e industrial, con un incremento en la explotación del recurso edáfico. El suelo cumple con funciones como la de ser un medio filtrante que permite la recarga de los acuíferos, influye en la calidad del agua y constituye el medio donde se realizan los ciclos biogeoquímicos necesarios para el reciclaje de compuestos orgánicos. Los suelos son afectados por la agricultura, ganadería, industria y minería, que producen residuos que podrían generar problemas a la salud humana y del medio ambiente. La fitorremediación es una técnica que se basa en el uso de plantas para remover, absorber, acumular y degradar agentes extraños presentes en suelos, mediante procesos metabólicos de la planta. Ya que el arsénico (As), plomo (Pb) y Sodio (Na) al exceder los límites máximos permisibles en el suelo llegan a generar toxicidad, además de hacerlos infértiles e improductivos, en el presente estudio se prueba la efectividad de remoción de estos elementos por parte de las especies vegetales *Sporobolus airoides* y *Atriplex nummularia*. Además, también se determina la viabilidad y supervivencia de *Sporobolus airoides* y *Atriplex nummularia* cuando son producidos en condiciones de laboratorio. Para *Sporobolus airoides* de 470 semillas solo fueron viables 462 semillas (98 %), mientras que para *Atriplex nummularia* de 470 semillas solo 83 fueron viables (17.6 %). Los resultados del análisis de plantas y suelo de la extracción de As, Pb y Na son discutidos en la presentación de ponencia en el Congreso.

Palabras clave
Suelo, fitorremediación, viabilidad.

Introducción

El suelo se desarrolló por la interacción de las capas que engloban al planeta Tierra (atmósfera, hidrósfera y biósfera) sobre la superficie de la geósfera. La meteorización química y mecánica de las rocas, así como la influencia de procesos microbiológicos produjeron el suelo. Un largo periodo de meteorización y las condiciones climáticas estables permitieron que el suelo alcanzara su equilibrio. (Nyle *et al.*, 1996). La acumulación en los suelos de concentraciones nocivas de algunos elementos químicos y compuestos contaminantes es un tipo especial de degradación que se denomina contaminación. Se caracteriza por un incremento considerable de la salinidad y la concentración de metales pesados (Nyle *et al*., 1996). La contaminación del suelo por su origen puede ser geogénico o antropogénico. En el primer caso procede de la roca madre en la que se formó el suelo, de la actividad volcánica o del lixiviado de las mineralizaciones. La contaminación antropogénica se produce por la

acumulación de residuos peligrosos derivados de actividades industriales, agrícolas y mineras entre otras, así como de los residuos sólidos urbanos. (Lasat, 2002).

La movilidad de los metales pesados presentes en suelos dependerá del tipo de suelo, pH, materia orgánica, minerales y carbonatos. El movimiento de los metales pesados en un suelo por lo regular es bajo, por lo que permanecen en la superficie y se introducen a las diversas capas del suelo a través de la lixiviación. (Gardea *et al*., 1998). El Pb es un compuesto inorgánico presente en el suelo, es un constituyente natural del suelo, pero cuando sobrepasa el límite máximo permisible establecido por la NOM-147-SEMRNAT-SSA1-2004 de 400 ppm para uso agrícola residencial se vuelve un problema de salud humana y medio ambiental. El As se encuentra en el medio ambiente debido a la fundición de metales, minería y el uso de pesticidas que en su composición contienen arsénico. Al igual que el Pb lo encontramos de manera natural en el suelo, pero al sobrepasar su límite permisible establecido por la NOM-147-SEMRNAT-SSA1-2004 de 22 ppm para uso agrícola/residencial se vuelve un problema para nuestro entorno. (Albert, 2004).

La salinidad en el suelo se encuentra de forma natural, pero la agricultura ha incrementado la salinidad debido al uso excesivo de fertilizantes, riego y movilización de los suelos. Actualmente en México el problema de la salinización afecta al 3.2% de su territorio y la salinidad avanza en la mayoría de los distritos de riego. La superficie afectada en México por la salinidad de suelos es de 600 mil hectáreas de las cuales 300 mil presentan rendimientos deficientes o bien están abandonados, por lo que se consideran suelos infértiles, improductivos que no generaran actividad económica debido a estos problemas. (SEMARNAT, 2009).

La fitorremediación es una técnica amigable con el medio natural, es por esto la importancia de trabajar con especies vegetales para ayudar a mejorar las condiciones naturales de un suelo, su fertilidad, productividad, la salud humana y de todo lo que lo rodea. La técnica se basa en el uso de plantas para remover, absorber, acumular, limpiar y degradar agentes extraños presentes en suelos, mediante procesos metabólicos de la planta (Gardea *et al.*, 1998). El objetivo del presente estudio es evaluar viabilidad y supervivencia de *Sporobolus airoides* y *Atriplex nummularia* en condiciones de laboratorio y determinar su capacidad de remoción de arsénico (As), plomo (Pb) y Sodio (Na), ya que estos elementos al exceder los límites máximos permisibles en el suelo llegan a generar toxicidad, además de hacerlos infértiles e improductivos.

Materiales y Métodos

Las semillas de *Sporobolus airoides* y *Atriplex nummularia* fueron proporcionadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Aldama, Chihuahua. A las semillas se les realizó pruebas de viabilidad por lo que se les desinfecto con una solución 1:10 de cloro. Para la estimación de la viabilidad se usaron 470 semillas por especie. Para la germinación de las semillas se usaron carteras de huevo las cuales fueron esterilizadas en una campana de flujo laminar a fin de eliminar cualquier patógeno. A las carteras se les adiciono sustrato del tipo peat moss para la germinación de semillas, las que fueron sembradas a 13 milímetros de profundidad. La germinación de las especies vegetales se realizó en laboratorio, diseñando un pequeño invernadero el cual genera las condiciones adecuadas de temperatura y humedad para el desarrollo de las plántulas.

El suelo que será contaminado con diferentes concentraciones de As, Pb y Na en donde se trasplantaran las especies a evaluar fue recolectado en el municipio de Ciudad Juárez, Chihuahua. El

suelo se clasifica como Xerosol cálcico y fue lavado con abundante agua destilada y secado a una temperatura de 60°C por 3 horas para después ser tamizado y guardado en bolsas ziploc hasta su uso.

El diseño experimental es completamente al azar con tres repeticiones. Debido a que solo se pudieron obtener 6 ejemplares de *Atriplex nummularia* y se necesitan 27 plantas para cubrir todo el experimento únicamente se utilizará la especie vegetal *Sporobolus airoides*. Las sales que se usaran como fuentes de contaminación única son $Pb(NO_3)_2$, $NaAsO_2$ y NaCl. Las concentraciones fueron asignadas tomando en cuenta las especificaciones de la NOM-147-SEMRNAT-SSA1-2004. Para el Pb se evaluarán las concentraciones de 400 ppm, 800 ppm y 1200 ppm. Para As las concentraciones serán de 20 ppm, 150 ppm y 300 ppm. Para el Na también se aplicarán tres concentraciones que lo clasifiquen en el límite inferior intermedio y superior de sodicidad, las estimaciones de tales concentraciones se están eligiendo en conjunto con mi asesor principal de maestría. Conforme al comportamiento que presenten las especies vegetales a las concentraciones en evaluación, se hará un tratamiento extra que contenga los tres elementos contaminantes juntos (Pb, As y Na). Las concentraciones de contaminantes se aplicarán en macetas conteniendo 500 gramos de suelo y posteriormente se trasplantará *Sporobolus airoides*. Se dejarán tres macetas sin tratamiento como testigo o tratamiento blanco con fines de comparación. Todas las plantas se regarán con agua destilada y se fertilizarán con solución nutritiva Hoagland. Después de dos meses (agosto y septiembre) en donde las plántulas estarán en contacto con el suelo, se procederá a realizar la cosecha de las plantas (raíz, tallo y hojas) para estimar en el laboratorio la remoción de los elementos contaminantes en estudio. También se realizará el análisis del suelo de las macetas con ese mismo fin. Los resultados serán sometidos a análisis de varianza y pruebas de medias. Para el tiempo de la presentación de resultados en el Congreso de la Ciencia del Suelo a realizarse en la ciudad de León, Guanajuato ya contaré con estos resultados los cuales serán presentados y discutidos lo que será de gran ayuda para la elaboración de mi tesis de maestría y mi examen de grado. Por lo pronto presento la información con la que cuento hasta este momento.

Resultados y Discusión

El análisis de laboratorio del suelo Xerosol cálcico usado para el relleno de las macetas arrojo los siguientes resultados: textura franco arenoso, pH de 7.45, conductividad eléctrica de 0.39 dS/m, 0.8 % de materia orgánica, Calcio 6 meq l^{-1}, Magnesio 0.4 meq l^{-1}, Sodio 0.73 meq l^{-1}, Potasio 1.28 meq l^{-1}, el contenido de Nitrógeno inorgánico y Fosforo fue de 0.2 y 2.0 $mgKg^{-1}$, respectivamente, por lo que el suelo tiene una fertilidad baja. Además de que no es un suelo que tenga condiciones de salinidad. Las pruebas de viabilidad son de importancia debido a que esto demuestra si las semillas se encuentran en condiciones adecuadas para germinar. Para *Sporobolus airoides* de 470 semillas solo fueron viables 462 semillas (98 %), mientras que para *Atriplex nummularia* de 470 semillas solo 83 fueron viables (17.6 %), la prueba para la estimación de esta variable se presenta de manera gráfica en la Figura 1.

Figura 1. Muestra las semillas viables depositadas en la parte inferior del tubo de ensayo y las inviables en la parte superior.

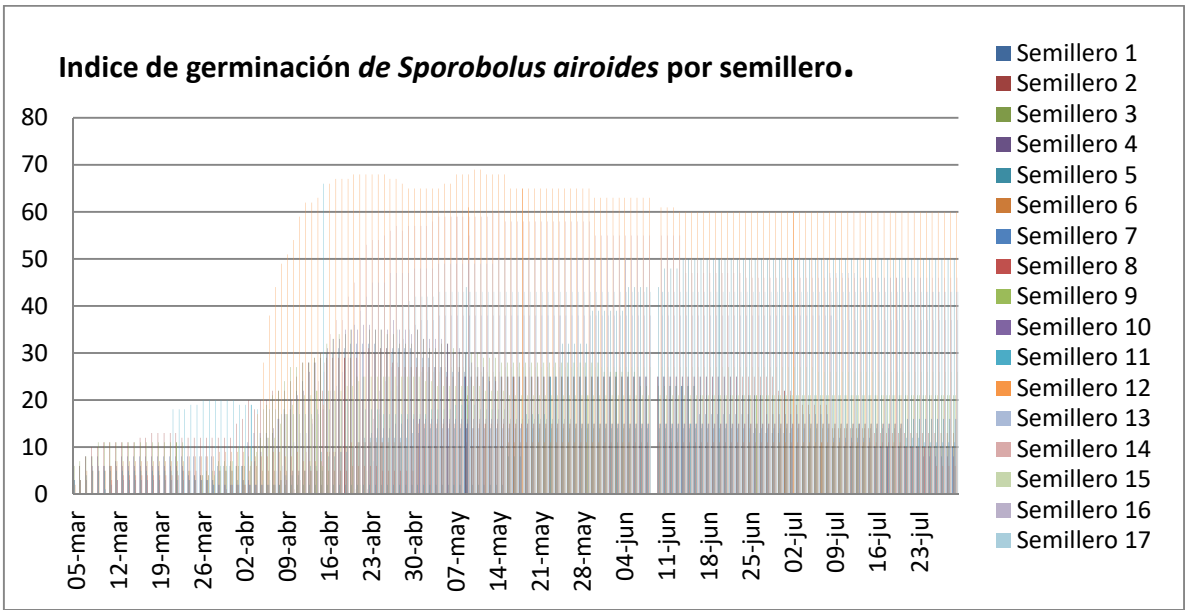


Figura 2. Muestra el crecimiento de la especie *Sporobolus airoides* por semillero, teniendo la mayor tasa de crecimiento los semilleros 12 y 5 en el periodo 09 al 16 abril y 7 al 14 de mayo hasta la fecha. Cabe mencionar que los 17 semilleros tienen mismas condiciones de humedad, temperatura, sustrato y solución nutritiva.

El suelo de las macetas en donde se hará la prueba de extracción de As, Pb y Na ya ha sido contaminado de acuerdo con las tres concentraciones propuestas de manera específica para cada elemento contaminante y se dio comienzo a el trasplante de *Sporobolus airoides*. Durante los meses de agosto y septiembre las plantas serán regadas y fertilizadas para promover la extracción de elementos contaminantes y posteriormente se realizarán pruebas de laboratorio en plantas y suelo para determinar la extracción de As, Pb y NaCl. La información de esta parte del estudio será presentada y discutida en el Congreso a realizarse en la ciudad de León, Guanajuato.

Conclusiones

El recurso suelo es uno de los subsistemas de mayor importancia debido a que es el que nos da soporte para llevar a cabo las diversas actividades que nos sustentan como sociedad. Si el recurso suelo se ve afectado, también se verá afectada la calidad de las aguas, así como la salud humana y el medio ambiente. La fitorremediación es una técnica amigable con el entorno y de bajo costo el cual ayuda a

absorber, limpiar, almacenar, degradar y transformar el contaminante gracias a su metabolismo, pero esa alta o baja remoción dependerá de las especies vegetales que se utilicen. Las especies *Sporobolus airoides* y *Atriplex nummularia* se encuentran distribuidas en el centro-norte de la republica mexicana, toleran las sequias, se dan en zonas áridas, crecen en suelos con pH neutro, ácido y alcalino y se desarrollan en suelos con textura franca, arenosa y arcillosa además de servir como pasto forrajero para el ganado y un conservador de suelos.

Referencias

Albert Lilia A, 2004. Toxicología Ambiental, Primera edición. Ciudad Juárez, Chih. pp. 455.

Gardea-Torresdey JL., Polette L, Arteaga S, Tiemann KJ., Bibb J, and González JH. 1998. Determination of the hazardous heavy metal on *Larrea tridentata* grown around a contaminated area. Proceedings of the Conference on Hazardous Waste Research, pp. 10.

Lasat, M. 2002. Phytoextraction of Toxic Metals: A Review of Biological Mechanisms. Journal of Environmental Quality 31(1). pp. 120.

NOM-147-SEMARNAT-SSA1-2004, Criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio y vanadio.

Nyle Brady C & Weil Ray R, 1996. The nature and properties of soils. Eleventh edition. USA . Pp. 678.

ESPECIACIÓN DE Pb EN SUELOS REGADOS CON AGUAS RESIDUALES, EN EL ESTADO DE HIDALGO.

Solís-Martínez, M.[1*]; Carrillo-González, R.[2]; Alcántara-Jiménez, J.A.[1]; Chamú-Baranda, J.A.[1]

[1]Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Iguala, Guerrero. México.
[2]Colegio de Postgraduados. Texcoco, estado de México. México.

*Autor responsable: solmar_1112@yahoo.com.mx; Calle Vicente Guerrero Núm. 81 Primer piso, Col. Centro, Iguala, Guerrero. México. CP 40000; Tel. +52(733)-332-4328

Resumen

Se evaluó el efecto de la adición de azufre y fósforo sobre las distintas fracciones de Pb en suelos del valle del Mezquital, Hidalgo. Se muestrearon los suelos de tres sitios (1. Atitalaquia, 2. Tlahuelilpan y 3. Tepatepec), se caracterizaron física y químicamente y se determinó el elemento potencialmente tóxico (EPT), total y extractable. Posteriormente, se estableció un experimento de equilibrio en el laboratorio. Los suelos se incubaron con dosis crecientes de azufre (0, 2, 4 y 6 t ha^{-1}) y fósforo (0, 250, 500, 1000 y 2000 mg L^{-1}), durante cinco y dos semanas, respectivamente. Se cuantificó la concentración de Pb unido a las diferentes fracciones del suelo (soluble, FI; intercambiable, FII; carbonatos, FIII; óxidos, FIV; materia orgánica, FV, y residual, FVI). Las fracciones FVI, FIV y FIII fueron las más estables en los tres suelos. El tipo de suelo, así como la adición de azufre y fósforo, afectaron significativamente a la FII.

Palabras clave
Elemento potencialmente tóxico; extracción secuencial; fósforo.

Introducción

La especiación química ha sido definida, en forma general, como el proceso de identificación y cuantificación de las formas químicas de un mismo elemento en una muestra dada. Para realizar la especiación química, comúnmente se emplea un procedimiento de extracción, simple o secuencial. En esta técnica, se aplican secuencialmente diferentes extractantes químicos a una misma muestra y cada etapa proporciona condiciones más drásticas de extracción con respecto a la anterior (González *et al.*, 2009).

En diversas investigaciones realizadas en el valle del Mezquital, Hgo., (Carrillo *et al.*, 1993; Siebe, 1997; Siebe y Cifuentes, 1995) se menciona el grado de contaminación, acumulación y distribución de EPT, como Pb, Cd, Cr, Ni, Cu y Zn en suelos irrigados con aguas residuales sin tratar, provenientes de la Ciudad de México y área Metropolitana. También indican el efecto sobre los seres vivos cuando estos elementos exceden los límites de concentración permisibles.

La adición de enmiendas químicas, sintéticas o naturales a los suelos contaminados, permite cambiar sus propiedades fisicoquímicas y la forma química de los elementos, por ejemplo, para inducir la adsorción y precipitación. Con esto podría ocurrir un menor transporte a las capas más profundas del

suelo y a las aguas subterráneas y se reduciría la cantidad disponible para las plantas. La inmovilización de EPT es una tecnología prometedora para remediar los suelos contaminados.

Sin embargo, se han realizado pocos trabajos sobre recuperación de suelos con problemas de contaminación con EPT mediante la adición de productos químicos, para inducir la formación de minerales poco solubles. Por estas razones, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la adición de azufre y fosfatos sobre la extractabilidad del plomo y las formas químicas en que se encuentra.

Materiales y Métodos

El valle del Mezquital se sitúa entre los 19º 53' y 20º 30' de latitud norte y los 98º 57' y 99º 30' de longitud oeste. Se divide en la mitad por la serranía de San Miguel, la cual se ramifica, a su vez, en diferentes desniveles. Su aspecto actual es el de un gran valle de forma irregular, limitado por montes de origen volcánico.

Se realizó un muestreo en tres sitios, tomando en consideración que Vázquez (1999) y García y Cajuste (2000) han demostrado una correlación positiva entre el tiempo de uso del agua residual y la concentración de metales en el suelo, así como con algunas características de las muestras como textura, contenido de materia orgánica y pH del suelo. En cada sitio se colectó una muestra compuesta, formada por 15 submuestras tomadas a una profundidad de 0 a 15 cm, en forma aleatoria, siguiendo una secuencia en zig-zag. Las submuestras se mezclaron y el volumen total de éstas se redujo por cuarteo, hasta obtener una muestra representativa de 5 kg.

Incubación de suelo con azufre y ortofosfato

Se incubaron los tres suelos seleccionados, para lo cual se pesaron 200 g de cada uno y se colocaron en frascos de color ámbar. Se adicionaron dosis crecientes de azufre agrícola (0.0, 2.0, 4.0 y 6.0 t ha^{-1}), manteniendo la humedad a capacidad de campo. Los frascos se colocaron en una estufa con aireación continua, a una temperatura de 38°C durante cinco semanas. Una vez por semana se determinó la reacción del suelo y la conductividad eléctrica.

Después del periodo de incubación con azufre, a las muestras de suelo se agregaron dosis crecientes de P (ácido fosfórico) (0, 250, 500, 1000 y 2000 mg kg^{-1}) y se incubaron durante dos semanas. Al final del periodo de equilibrio, en cada tratamiento, se tomó una submuestra de suelo para determinar la reacción del suelo y la conductividad eléctrica, en seco y en húmedo, así como para hacer el fraccionamiento de los metales. El objetivo de este análisis fue observar cómo cambiaba la distribución de los metales en los componentes del suelo y saber cómo se afectaba su disponibilidad, al romper el sistema buffer. Como fuente de azufre se utilizó flor de azufre agrícola, con una pureza de 93%; mientras que para el fósforo se empleó ácido fosfórico grado analítico, con 85% de pureza.

El análisis se hizo por triplicado y las fracciones se obtuvieron siguiendo el procedimiento descrito por Tessier *et al*., (1979) de la siguiente forma: soluble, con agua desionizada; intercambiable, con $MgCl_2$ 1 M pH 7.0; ligada a carbonatos, con $CH_3COONa.3H_2O$ 1 M regulado a pH 5.0 con ácido acético; ligada a los óxidos de Fe y Mn, con $NH_2OH.HCl$ 1M; ligada a la materia orgánica, con HNO_3 0.02 M y H_2O_2 30%; y residual, con HNO_3 concentrado y una solución binaria de $HClO_4 – H_2SO_4$. Para cada fracción, las muestras de suelo se agitaron y centrifugaron a 2000 rpm, filtrándose en papel Whatman No. 42. Finalmente, estas se cuantificaron en un equipo de absorción atómica.

Los datos de las diferentes variables se sometieron al análisis de varianza utilizando el Sistema de Análisis Estadístico (SAS) versión para PC (SAS, 1999). En las variables que presentaron efecto significativo, se realizó una prueba de rangos múltiples de Tukey ($\alpha < 0.05$).

Resultados y Discusión

Los tres suelos muestreados presentaron las siguientes características: contenido de arcilla (25.08% para el sitio 1 y 43.08% para el sitio 2, es decir, suelos con mediano y alto contenido de arcilla), para evaluar la posibilidad de jugar con su capacidad de amortiguamiento con la aplicación de las enmiendas; pH de neutro a fuertemente alcalino (7.0 para el sitio 3 y 8.5 en el sitio 1), con valores de materia orgánica medios (2.3% en el sitio 1) a extremadamente rico (6.0% en el sitio 2).

En general, los valores de pH disminuyeron con la aplicación de S solo o combinado con el P, mientras que los valores de la CE se incrementaron. El suelo del sitio 3 (Tepatepec) mostró el valor más bajo de pH (5.2).

Considerando que la respuesta a los tratamientos sigue una tendencia regular, se cuantificó la concentración de plomo, unido a las diferentes fracciones en el suelo, únicamente en el testigo, T1 (0-0), y en los suelos que recibieron el tratamiento de fósforo sólo (mg kg^{-1}), T2 (0-2000), y azufre (t ha^{-1}) + fósforo, T8 (6-2000), dado que estos fueron los tres tratamientos extremos en el diseño experimental y se consideró que éstos pudieran explicar mejor la variación de las distintas fracciones.

La prueba de Tukey para el fraccionamiento de Pb (Cuadro 1) muestra que la secuencia de acumulación de este elemento en el suelo del sitio 1 (Atitalaquia) es como sigue: FVI > FIII > FII > FIV > FV > FI. Las Figuras 1, 2 y 3 no muestran la fracción residual de Pb (FVI), debido a que ésta sobrepasó el 50% del Pb total en el suelo, con relación al resto de las fracciones.

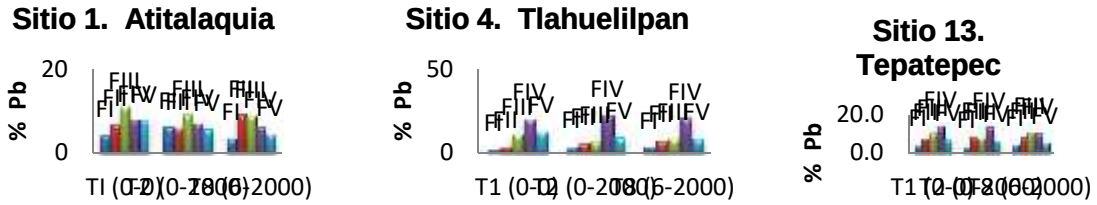
Cuadro 1. Prueba de Tukey para las diferentes fracciones de plomo (mg kg^{-1}), en tres suelos incubados con azufre y fósforo.

Factor	Nivel	Soluble (FI)	Intercamb. (FII)	Carbonatos (FIII)	Óxidos (FIV)	MO (FV)	Residual (FVI)	Total
Suelo	1 Atitalaquia	3.5a*	5.8b	7.7c	5.6c	4.7c	55.7c	83.0c
	2 Tlahuelilpan	3.2a	6.4b	10.6a	25.8a	12.0a	67.1a	125.1a
	3 Tepatepec	3.6a	7.6a	9.2b	12.4b	6.2b	63.8b	102.8b
Azufre	0	3.5a	6.0b	9.1a	15.2a	8.3a	61.4b	103.5a
	6	3.4a	7.8a	9.3a	13.5b	6.3b	63.6a	103.9a
Fósforo	0	3.1b	5.5b	10.7a	15.0a	9.4a	59.8b	103.5a
	2000	3.6a	7.1a	8.4b	14.4a	6.8b	63.4a	103.7a

Intercamb.= Intercambiable MO= unidos a Materia orgánica
***** Las medias con las mismas literales dentro de las columnas son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

En la Figura 1 se presenta el porcentaje de plomo en cada fracción, para cada uno de los tres tratamientos analizados: T1 (0-0), T2 (0-2000) y T8 (6-2000). La predominancia de Pb en la fracción residual, y en los carbonatos en la fracción no residual, reflejan la gran estabilidad del Pb en estas fracciones; esto parece indicar que el Pb del suelo resultaría menos disponible para las plantas (Kumpiene *et al.*, 2008).

La fracción FI se incrementó con la adición de fósforo pero disminuyó con la aplicación conjunta de azufre y fósforo. La fracción FIII se redujo ligeramente con la aplicación de S y P pero sin ser estadísticamente significativa; salvo estas pequeñas variaciones, no se observaron cambios en la distribución de la fracción por los tratamientos aplicados. La aplicación de fósforo tampoco afectó la distribución de las fracciones.



Figuras 1, 2 y 3. Porcentaje de plomo en los sitios Atitalaquia, Tlahuelilpan y Tepatepec.

El suelo del sitio 2 (Tlahuelilpan) presentó la siguiente secuencia de acumulación: FVI > FIV > FV >FIII > FII > FI (Cuadro 1 y Figura 2), con 53.6% de Pb residual (FVI), es decir, Pb ligado a minerales primarios y secundarios no alterados por la extracción secuencial. El segundo contenido más alto de plomo (20.6% del Pb total) fue el de la fracción ligada a los óxidos de Fe-Mn (FIV), coincidiendo con los resultados que reportan Kim y McBride (2006). La tercera fracción importante para este elemento fue la ligada a la materia orgánica (FV), con 9.6% del Pb total. Resultados similares encontró Tessier *et al*. (1979).

El orden de las diferentes fracciones en el suelo del sitio 3 (Tepatepec) fue: FVI, FIV, FIII, FII, FV y FI (Cuadro 1 y Figura 3) con un porcentaje de Pb en la fracción residual (FVI) de 62%. Según estos resultados, el plomo se une preferentemente a la fracción más estable del suelo y sólo una pequeña parte está en las fracciones soluble e intercambiable. Similares resultados reportaron Cajuste *et al*. (2000), con suelos de la misma zona.

El contenido de carbonatos en los suelos fue un factor importante para que un porcentaje significativo de Pb se localizara en esta fracción. La adición de azufre a los suelos favoreció la disminución del pH y por consiguiente, algunas fracciones de Pb como la ligada a óxidos (FIV) y a la materia orgánica (FV) se solubilizaron, liberando algo de Pb a la solución del suelo, el cual se asoció a la fracción intercambiable (FII), incrementando su concentración (Cuadro 1).

Miretzky y Fernandez-Cirelli (2008), señalaron que la presencia del plomo en los suelos está afectada por tres procesos: (1) precipitación como una fase mineral ligeramente soluble, (2) adsorción sobre la fracción arcillosa, los óxidos de Fe y Mn, los carbonatos alcalino térreos y (3) formación de complejos relativamente estables por interacción con la materia orgánica. Más aun, la adsorción superficial de Pb es afectada por el pH del medio (Carrillo-González *et al*., 2006).

Resumiendo, la aplicación de fósforo al suelo permite la formación de compuestos de fosfato de calcio y cuando éstos se encuentran en equilibrio, se forman los fosfatos de plomo, hasta alcanzar también el equilibrio, siempre que se tenga condiciones de pH cercanas al neutro, pues a pH ácido los compuestos metálicos manifiestan una tendencia a solubilizarse y ser absorbidos por las plantas.

Conclusiones

La adición de azufre y fósforo disminuyó el pH y por consiguiente, algunas fracciones de Pb como la ligada a carbonatos (FIII), óxidos (FIV) y a la materia orgánica (FV) se solubilizaron, liberando Pb a la solución del suelo, el cual se asoció a la fracción intercambiable (FII), incrementando su concentración.

Los tratamientos de azufre y fósforo influyeron significativamente en los valores de pH y CE, observándose reducción del pH y mayor concentración de sales solubles.

La adición de fósforo y azufre al suelo no parecen ser justificados, tomando en cuenta que no se abatió la cantidad de metales disponibles; sin embargo, no se evaluó el efecto del tiempo después de la adición de enmiendas sobre la disponibilidad de los elementos.

Agradecimientos

Al Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGRO), al Colegio de Postgraduados y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo otorgado para realizar la presente investigación.

Referencias

Cajuste, J.L., J. Cruz-Díaz, and C. García-Osorio. 2000. Extraction of heavy metals from contaminated soils: I. Secuential extraction in surface soils and their relationships to DTPA extractable metals and metal plant uptake. J. Environ. Sci. Health 35:1141-1152.

Carrillo G.R., J. Cruz D. y L. Cajuste J. 1993. Efecto del Cd y Pb en la asimilación de micronutrientes y en el desarrollo del maíz. pp. 599-606. *In*: El estudio del suelo y de su degradación en relación con la desertificación. Sociedad Española de la Ciencia del Suelo. Tomo II. Salamanca, España.

Carrillo-González, R. and M.C.A. González-Chávez. 2006. Metal accumulation in wild plants surrounding mining wastes. Environ. Pollut. 144:84-92.

García Z., A.M. y L. Cajuste J. 2000. Efecto de la aplicación de fósforo sobre la movilidad de metales pesados en suelos y plantas del Valle del Mezquital, Hgo., pp. 260-263. *In*: R. Quintero-Lizaola *et al.* (eds.). La edafología y sus perspectivas al siglo XXI. Tomo I. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, UNAM. UACH. México.

González, F.E., M.A.C. Tornero, Y.C. Angeles, y N.F. Bonilla. 2009. Concentración total y especiación de metales pesados en biosólidos de origen urbano. Rev. Int. Contam. Ambient. 25:15-22.

Kim, B., and M. B. McBride. 2006. A test of sequential extractions for determining metal speciation in sewage sludge-amended soils. Environ. Pollut. 144:475-482.

Kumpiene, J., A. Lagerkvist, and Ch. Maurice. 2008. Stabilization of As, Cr, Cu, Pb and Zn in soil using amendments – A review. ScienceDirect. Waste Manag. 28:215-225.

Miretzky, P., and A. Fernandez-Cirelli. 2008. Phosphates for Pb immobilization in soils: a review. Environ. Chem. Lett. 6:121-133.

SAS Institute. 1999. SAS User's Guide, ver. 8.0 SAS Institute Cary, NC, USA.

Siebe, Ch., and E. Cifuentes. 1995. Environmental impact of wastewater irrigation in Central Mexico. An overview. Int. J. Environ. Health Res. 5:161-173.

Siebe, Ch. 1997. Desarrollo de valores de referencia para Cd y Pb en suelos regados con aguas residuales. Terra 15:365-370.

Tessier, A., P.G.C. Campbell, and M. Bisson. 1979. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. Anal. Chem. 51:844-850.

Vázquez A., A. 1999. Evaluación del riesgo a la contaminación con metales pesados, en la región del Valle del Mezquital, Hgo. Tesis de Doctorado. Instituto de Recursos Naturales. Especialidad de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

EDAFOPAISAJES EN LA SIERRA GORDA DE GUANAJUATO

Tapia-Sánchez, X.[1*]; Bobadilla-Ballesteros, M. D.[1]; Fuentes-Romero E.[2]; García-Calderón, N. E.[2]

[1]Licenciatura en Ciencias de la Tierra, Ciencias Ambientales, [2]Laboratorio de Conservación y Rehabilitación del Recurso Edáfico, Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación-J, Facultad de Ciencias, *Campus* Juriquilla, Universidad Nacional Autónoma de México. Querétaro, México.

Autor responsable: xochitl.tapia@ciencias.unam.mx; Boulevard Juriquilla 3001, Juriquilla, Santiago de Querétaro, Querétaro. México. CP 76230; Tel +52 (442)-1926215

Resumen

Los edafopaisajes son el resultado de la interacción entre los elementos ambientales que influyen en el proceso de formación, distribución, interrelación y funcionalidad del suelo en un territorio, que permiten entender la dinámica de un sitio. El objetivo del trabajo es identificar los principales factores que determinan el edafopaisaje en los municipios de Xichú y Atarjea, Guanajuato. Se realizaron cinco perfiles y se determinaron las características morfológicas, químicas y físicas para su clasificación. El grupo de suelo dominante para Atarjea fue Phaeozem donde el factor climático favorece a la formación de un horizonte móllico, en tanto que en Xichú se desarrolla una toposecuencia de Regosoles, Cambisoles y Technosoles.

Palabras clave
Edafogénesis; secuencias de suelo

Introducción

La heterogeneidad de suelos en el paisaje se debe a la interacción no lineal de los diferentes elementos que lo conforman (Hay *et al.*, 2002). Los procesos geomórficos constituyen una parte esencial en la edafogénesis, particularmente en las montañas los procesos de ladera promueven la edafodiversidad, dependiendo de su intensidad y frecuencia y ambiente bioclimático (Krasilnikov *et al*., 2011), por lo que las variables microclimáticas son un factor importante que direcciona la transformación de los materiales propiciando procesos edafogenéticos dominantes (Buol *et al.*, 1990). Estos procesos, por lo tanto, influencian la formación, interrelación, distribución, y funcionalidad del suelo en un territorio conformando edafopaisajes, cuyo análisis permite entender la dinámica de un sitio (Porta *et al*., 2014). El objetivo de este trabajo es identificar los principales factores que determinan el edafopaisaje de los municipios de Xichú y Atarjea, Guanajuato.

Materiales y Métodos

Sitios de estudio

Se localizan dentro de la Reserva de la Biosfera de la Sierra Gorda de Guanajuato, ubicada al noroeste del estado, en los municipios de Atarjea (S2) (14Q 423935.00 mE, 2351517.00 mN) y Xichú (S2) (14Q 392816.00 mE, 2358995.00 mN) (Figura 1). El paisaje lo constituyen un conjunto de sierras, lomeríos bajos y medios con pendientes inclinadas (de 30% al 90%) con orientación NE. Están compuestas por calizas-lutitas depositadas durante el Cretácico Inferior (Formación El Doctor) y Superior (Formación Soyatal) en un ambiente marino (CEAG, 2000). Presenta variaciones

climáticas desde semiseco templado en Atarjea hasta semiseco semicálido en Xichú (Figura 2. INEGI, 2011). La vegetación dominante es matorral xerófilo (INEGI, 2011).

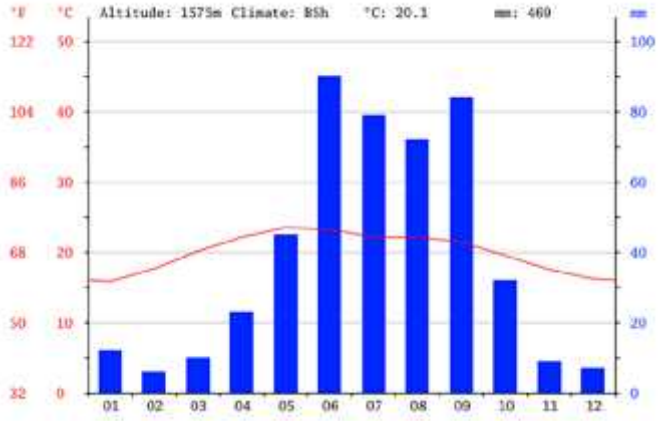


Figura 2.- Climograma del S1 Atarjea, Guanajuato. Se muestra la temperatura y precipitación media

Métodos

Se eligió un sitio representativo en cada comunidad donde se caracterizaron unidades de suelo, en una toposecuencia en las principales unidades geomórficas. Describiendo perfiles y su estudio morfológico. Determinando variables físicas y químicas en campo (Siebe *et al.*, 2006). Las muestras de los horizontes del suelo fueron evaluadas de acuerdo con el manual de procedimientos de análisis de suelo (van Reeuwijk, 2002). Se determinó el contenido de carbono orgánico (CO), pH en H_2O y KCl 1*M* 1:2.5, conductividad eléctrica (CE) 1:2.5 y textura por el método del hidrómetro. Los suelos se clasificaron con base en la IUSS Working Group (WRB, 2015).

Resultados y Discusión

Horizonte	Prof cm	Propiedades morfológicas					Propiedades físicas y químicas			
		Estructura*	Carbonatos (%)	Color húmedo	Color seco	Textura	pH 1:2.5 H_2O	pH 1:2.5 KCl	CE dS/m	CO $g.kg^{-1}$
P1.- Rendzic Phaeozem (Epiabruptic, Loamic)										
Ah_1	0-4/5	Gg	0.5-2	7.5YR 2.5/2	10YR 3/3	RL	7.5	7	0.8	16
Ah_2	4/5-8	SAm	0.5-2	10YR 2/2	7.5YR 2.5/2	RL	7.6	7	0.8	13
AC	8-30	Gm	2-10	10YR 2/2	10YR 2/2	FL	7.8	7	0.8	10
2AC	30-44	Mm	25-50	7.5YR 3/3	7.5YR 4/2	FL	7.9	7.4	0.8	8.0
P2.- Someric Rendzic Phaeozem (Loamic)										
Ah	0-10	Gg	>50	7.5YR 2.5/2	10YR 3/3	FL	7.7	7	1.0	14
Bw	10-19	Gm	25-50	10YR 2/2	10YR 3/2	FRL	7.9	7.3	0.8	10
BC	19-29	Mf	25-50	10YR 2/3	10YR 3/2	FL	7.6	7.1	0.8	13

Tabla 1.- Propiedades físicas y químicas de S1 Atarjea, Guanajuato. G:Granular, SA:Subangular, M:Migajosa,

g:Grueso, m: Mediano, f:Fino.

En el sitio de Atarjea, ambos perfiles (P1 y P2) se clasificaron como Phaeozem, caracterizados por un *horizonte móllico* debido a la acumulación de materia orgánica en la profundidad de 10 cm, que se ve favorecida por el régimen microclimático del sitio (de Castro-Portes *et al.*, 2016) y por la dinámica de la ladera, ya que se ha visto que en climas donde el régimen de precipitación y de temperatura promueven el proceso de humificación, se ve favorecido por la abundancia de calcio (Porta *et al.*, 2003). Además, ambos perfiles tienen el calificador *rendzic*, debido al contenido de carbonatos en profundidad, heredados del material parental, lo cual evidencia que son suelos de poco a moderado desarrollo, debido al transporte continuo de materiales coluvio-aluviales, asociados a los procesos de ladera. Para el P1 presenta el calificador: *epiabruptic*, corresponde al cambio textural que hay entre el horizonte Ah_2 y AC (Tabla 1), esto posiblemente se deba al proceso de reptación asociado a la dinámica de la ladera (Krasilnikov *et al.*, 2011).

Figura 1.- Ubicación de los sitios de estudio en la Sierra Gorda de Guanajuato

Horizonte	Prof cm	Propiedades morfológicas				Propiedades fisicas y químicas			
		Estructura	Carbonatos (%)	Color en campo	Textura	pH 1:2.5 H_2O	pH 1:2.5 KCl	CE dS/m	CO $g.kg^{-1}$
P1.- Calcaric Protic Endoleptic Regosol (Loamic, Ochric)									
A	0-3	Gm	10-25	7.5YR 5/2	F	7.9	7.5	0.7	7.0
AC1	3-28/33	-	10-25	7.5YR 6/2	F	8.2	7.6	0.7	5.0
AC2	28/33-55/57	SAg	10-25	7.5YR 6/2	F	8.3	7.6	0.6	3.0
R	>57								
P2.- Calcaric Endoleptic Cambisol (Loamic, Ochric)									
A	0-10	SAm	10-25	10YR 5/3	F	8.2	7.5	0.7	7.0
Bw	10-40/44	SAf	10-25	10YR 4/2	F	8.1	7.6	0.6	6.0
BwC	40/44-52/58	SAm	10-25	10YR 7/2	F	8.1	7.7	0.7	2.0
2BC	52/58-63	SAf	10-25	10YR 5/3	FL	8.4	7.8	0.5	3.0
R	63-83								
P3.- Epileptic Spolic Technosol (Calcaric, Eutric, Hyperartefactic, Toxic)									
Ap	0-2	Lg	0.5-2	10 YR 5/6	F	7.8	7.5	-	8.0
ApC1	2-20	Lg	10-25	10 YR 4/6	FA	6.6	6.4	-	3.0
ApC2	20-40	SAf	10-25	10YR 4/6	FA	7.6	7.3	-	7.0

Tabla 2.- Propiedades físicas y químicas de S2, Xichú, Guanajuato. G:Granular, SA:Subangular, L:Laminar, g:Grueso, m: Mediano, f:Fino.

En el sitio de Xichú, se clasificaron tres perfiles (P1, P2 y P3), ubicados en ladera alta, media y baja, respectivamente. El P1 se clasificó como Regosol, que son suelos que no presentan procesos edafogenéticos significativos (WRB 2015); presenta los calificadores: *Endoleptic*, por tener roca continua a partir de los 57 cm; *Protic*, por no mostrar un desarrollo evidente de horizontes y *Calcaric* debido a que se conservan las características del material parental, en estos sitios con mayor pendiente (Graham & Buol, 1990) y como calificadores de segundo orden: *Loamic*, por la dominancia de textura franca y *Ochric* por el contenido de CO >2 $g.kg^{-1}$ en todo el perfil. El P2 se clasificó como Cambisol, suelos con un *horizonte de diagnóstico cámbico*, producto de la transformación de materiales causando un cambio estructural e incremento de arcillas en el horizonte Bw (10-40/44 cm) (WRB 2015). Los calificadores asignados son: *Endoleptic*, por presentar roca continua a partir de los 63 cm y *Calcaric* por el material calcárico a partir del material parental. Como calificadores de segundo orden: *Loamic*, por la dominancia de textura franca y *Ochric* por el bajo contenido de carbono orgánico en todo el perfil. El P3 se clasificó como Technosol, por la presencia de artefactos antropogénicos. Los calificadores designados son: *Spolic*, por la naturaleza de los artefactos de desechos de minería en el horizonte ApC1 (2-20 cm) y *Epileptic*, por la presencia de roca continua a los 40 cm. Como calificadores de segundo orden: *Calcaric*, por el material calcárico a partir del material parental, en todo el perfil; *Eutric*, al tener una saturación de bases mayor al 50%, conforme al pH (Jackson, 1982); *Hyperartefactic*, por el alto contenido de artefactos en el horizonte ApC1 y *Toxic*, por las altas concentraciones de elementos tóxicos, específicamente Zn y Cd mayores a los límites permisibles de 50 mg kg^{-1} y 37.7 mg kg^{-1}, respectivamente (OMS 1996; SEMARNAT 2004). En este sitio la pendiente y la morfología de la ladera favorecen el movimiento de materiales de la parte alta que tienden a acumularse en la parte media (Graham & Buol, 1990), sin embargo, la baja precipitación limita la evolución de los suelos, los cuales presentan moderado a escaso desarrollo, con una alta influencia antrópica asociada a los residuos mineros (Salas, 2014) que influyen en el proceso edafogenético.

Conclusiones

Los edafopaisajes en los municipios de Atarjea y Xichú muestran una heterogeneidad asociada principalmente a los factores microclimáticos, a la geoforma y a los procesos de ladera. Dando como resultado en Atarjea Epileptic Rendzic Phaeozems (Epiabruptic, Loamic) y Epileptic Someric Rendzic Phaeozems (Loamic), y en Xichú Calcaric Protic Endoleptic Regosols (Loamic, Ochric) en la ladera alta, Calcaric Endoleptic Cambisols (Loamic, Ochric) en la ladera media y Epileptic Spolic Technosols (Calcaric, Eutric, Hyperartefactic, Toxic) en la ladera baja, siendo este último resultado de la acción antrópica.

Agradecimientos

A los estudiantes de la materia de Ciencias del Suelo de la Licenciatura en Ciencias de la Tierra por su valioso apoyo en el trabajo en campo. Este trabajo fue realizado con presupuesto interno de la UMDI-J, Facultad de Ciencias, UNAM.

Referencias

Buol S. W., (1990). Génesis y clasificación de suelos (2° ed.) Editorial Trillas. México.

Comisión Estatal del Agua de Guanajuato, (2000). Sinopsis del estudio de prospección hidrogeológica del acuífero de Xichú, Guanajuato.

De Castro, R., Spinola, D. N, Reis, J. S., Ker, J. C., da Costa, L. M., Fernandes, E. I., Kühn, P., Gonçalves, C.E. (2016).

Pedogenesis across a climatic gradient in tropical high mountains, Cordillera Blanca — Peruvian Andes. Catena (147) 441-452.

Diario Oficial de la Federación, (2007). Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, México.

Graham R. C. & Boul S. W., (1990). Soil-Geomorphic Relations on the Blue Ridge Front: II. Soil characteristics and Pedogenesis. Soil Science Society American Journal (54), 1367-1377.

Hay, G.J., Marceau, D.J., Bouchard, A. (2002). Modeling multi-scale landscape structure within a hierarchical scale-space framework. Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications, Ottawa, Canada.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (2011). Mapa Digital de México. Recuperado de http://gaia.inegi.org.mx/mdm6.

International Soil Reference and Information Centre,. (2016). Procedures for soil Analysis (6th ed.). The Netherlands.

IUSS Working Group WRB. 2014. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.

Jackson, M.L., (1982) Métodos de análisis químico de suelos. Ed. Omega, España.

Krasilnikov, P.V., García-Calderón, N.E., Ibáñez-Huerta A., Bazán-Mateos M., Hernández-Santana, J.N. (2011). Soilscapes in the dynamic tropical environments: The case of Sierra Madre del Sur. Geomorphology (135), 262–270.

Organización Mundial de la Salud, (1996). Guidelines for Drinking-Water Quality. Health criteria and other supporting information (2). Ginebra.

Porta J., López-Acevedo M., Roquero de Laburu M., (2003). Edafología para la agricultura y medio ambiente. Ediciones MundiPrensa. Madrid.

Porta J., López-Acevedo M., Poch R. M., (2014). Edafología: Uso y protección de suelos. Ediciones Paraninfo. España.

Salas Megchún, É. F. (2014). Geoquímica y mineralogía de jales en mina Aurora, Xichú, Guanajuato (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma de México. Ciudad de México, México.

Siebe C., Jahn R. Stahr K. (2006). Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en campo. Instituto de Geología. 2ª ed. Universidad Nacional Autónoma de México.

ANÁLISIS PRELIMINAR DE SUELOS ALEDAÑOS DE LA FÁBRICA TEXTIL MAYORAZGO PUEBLA

Zárate-Cortés, K. E.[1*]; Hidalgo-Aguirre M.[1]; Ticante-Roldán, J. A.[2]; Tamariz-Flores, J. V.[2]

[1] Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería Química, BUAP. Puebla, Puebla. México
[2] Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas, Instituto de Ciencias, BUAP. Puebla, Puebla. México

*Autor responsable: kaeszaratec@gmail.com; Calle 14sur Núm. 6301, Col. Jardines de San Manuel Puebla, Puebla, México CP 72570; Tel. +52(222)-229-5500 ext. 7358

Resumen

Desde su fundación en 1842 hasta su cierre en 1993 estuvo operando la industria textil Mayorazgo, situada en la ciudad de Puebla. Se especula que los suelos aledaños sufren de un posible daño ambiental debido a las operaciones realizadas por la industria, se analizaron 3 puntos cercanos, con diferentes niveles de profundidad, por medio de determinaciones químicas en campo.

Palabras clave
Contaminación; industria textil; pruebas de campo.

Introducción

La industria textil Mayorazgo, fue una de las primeras fábricas en establecerse en las inmediaciones del río Atoyac en el año de 1842 utilizando las instalaciones de una ex hacienda derivando así un crecimiento económico y poblacional en la zona sur este del municipio de Puebla, pero al mismo tiempo provoco un daño medioambiental. Este estudio se realizó para tener un bosquejo preliminar de la contaminación en los suelos aledaños a esta industria textil a través de ensayos en campo.
El contaminante está siempre en concentraciones mayores de las habituales (anomalías) y en general tiene un efecto adverso sobre algunos organismos. Los contaminantes pueden abandonar un suelo por volatilización, disolución, lixiviado o erosión, y pasar a los organismos cuando pueden ser asimilables (bioasimilables), lo que normalmente ocurre cuando se encuentran en forma más o menos soluble. En concreto, la posibilidad de que un elemento (contaminante o no) quede libre y pase a disolución en un suelo se llama disponibilidad. La biodisponibilidad sería el grado de libertad en que se encuentra un elemento o compuesto de una fuente potencial para ser capturado por un organismo (ingerido o adsorbido) (Newman & Jagoe,1994). Normalmente sólo una fracción pequeña de una sustancia potencialmente contaminante de un medio es biodisponible.

Materiales y Métodos

El área de estudio se encuentra en la parte Sur-Oeste de la ciudad de Puebla de Zaragoza en el estado de Puebla, México, donde la ex fábrica Mayorazgo ocupaba una superficie aproximadamente de 4.34 ha. (fig.1) Las coordenadas geográficas 19° 1'6.80"N 98°13'51.80"O. La altitud promedio del área es de 2101 msnm. El tipo de vegetación está constituida por estrato herbáceo (pasto) y varios ejemplares de *Eysenhardtia polystachya* (INEGI,2015).

El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano; temperatura media anual entre 12 y 18ºC; temperatura del mes más frío entre -3 y 18ºC; la precipitación del mes más seco es mayor de 40 milímetros; el porcentaje de precipitación invernal con respecto a la anual es menor de 5.

Figura 1 Área de la Exfábrica.

El muestreo se realizó bajo la NMX-AA-132-SCFI-2006 en el cual se tomaron muestras de suelo a diferentes niveles de profundidad: de 0-10, 10-20 y 20-30 cm en 3 sitios de muestreo, distribuidos sistemáticamente en el área de influencia de la exfábrica.

Figura 1 Área de la Exfábrica.

Se realizó la comparación de las muestras de suelo por estratos con las cartas de Munsell dando una diferente gama de colores para un mismo sitio.

Muestra			Color
Mayorazgo	1	0 a 10	Café oscuro
		10 a 20	Café
		20 a 30	café oscuro oliva
	2	0 a 10	Café oscuro
		10 a 20	café grisáceo oscuro
		20 a 30	gris oscuro
	3	0 a 10	café oliva
		10 a 20	café oscuro oliva
		20 a 30	café grisáceo oscuro

Cuadro Resultados de las cartas de Munsell

Resultados y Discusión

Al analizar el suelo en el sitio se observó que tiene una pedregosidad aproximada del 60 % y es un suelo Andosol.

Los datos obtenidos a través de las pruebas de campo fueron las siguientes:

Muestra			Cloruros	Carbonatos	Manganeso	Materia orgánica	Alcalinidad
Mayorazgo	1	0 a 10	Negativo	Positivo	Positivo	Negativo	Negativo
		10 a 20	Negativo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
		20 a 30	Negativo	Positivo	Positivo	Negativo	Positivo
	2	0 a 10	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Negativo
		10 a 20	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo	Negativo
		20 a 30	Negativo	Negativo	Positivo	Negativo	Negativo
	3	0 a 10	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo
		10 a 20	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo
		20 a 30	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo	Negativo

Cuadro 2 Resultados de los ensayos en campo

La alcalinidad positiva que arrojaron los resultados en el sitio de muestreo 1 indica que se tiene un valor de pH>9 y esto se debe mayormente a la presencia de carbonato de sodio usada entre otras cosas en la fabricación de tintes por lo que se demuestra que sigue afectando debido al trabajo realizado en la exfábrica a pesar de que cerró operaciones en 1993, en la parte superficial muestra una alcalinidad negativa debido al lavado por las lluvias. Y la materia orgánica es inexistente en este punto debido a la contaminación que hay en este sitio debido a las actividades de la exfábrica. La presencia de carbonatos garantiza el mantenimiento de pH altos, y en estas condiciones tienden a precipitar los metales pesados.

El sitio de muestreo 2 no hay presencia de carbonatos lo cual se debe a la presencia de material orgánico presente en el sitio. Por lo tanto, se tomó como punto de referencia para comparar los

resultados obtenidos de los sitios 1 y 3

Conclusiones

Se realizó un análisis preliminar en el área de Mayorazgo dando resultados positivos para contaminación del suelo, cabe señalar que la exfábrica de Mayorazgo tiene 23 años sin ninguna actividad y los suelos presentan contaminación por lo cual se debería de tratar como un sitio contaminado. Actualmente el área se encuentra en un marco legal en el cual quieren cambiar el uso de suelo para suelo Comercial y no se ha tenido el adecuado manejo del mismo.

Agradecimientos

Al Departamento de Investigación de Ciencias Agrícolas por su apoyo. En especial queremos hacer mención del M.C. Ticante Roldan José Antonio y al Dr. José Victor R. Tamaríz Flores, que han dedicado una gran parte de su investigación a esta temática y al apoyo incondicional que nos brinda.

Referencias

Luis Antonio Ibáñez González, 2015. La fábrica textil El Mayorazgo y su inscripción a la lista del patrimonio perdido de la ciudad de Puebla. TICCIH comité internacional para la conservación del Patrimonio Industrial, México

Newman, M.C. & Jagoe, C.H. (1994): Inorganic toxicants-ligands and the bioavailability of metals in aquatic environments. In Bioavailability-Physical, Chemical, and Biological Interactions, SETAC Spec. Pub

NMX-AA-132-SCFI-2006 Muestreo de suelos para la identificación y la cuantificación de metales y metaloides, y manejo de la muestra.

NOM-021-SEMARNAT-2000- Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, esudio, muestreo y análisis

J. Porta Casanellas, M. López-Acevedo Reguerín, 2005. Agenda de campo de suelos información de suelos para la agricultura y el medio ambiente.

MUNSELL SOIL COLOR CHARTS 1994. Determinación de color de suelo.

División II:

APROVECHAMIENTO DEL RECURSO DEL SUELO

IMPACTO AMBIENTAL POR CADMIO Y PLOMO DERIVADO DE LA DINÁMICA DE CINCO USOS DE SUELO

Alcalá-Jáuregui, J.A.[1*]; Rodríguez-Ortiz, J.C.[2]; Díaz-Flores, P.E.[3]; Lara-Mireles, J.L.[4]; Hernández-Montoya, A..[5]; Beltrán-Morales, F.A.[6]; Filippini, M.F.[7]; Martínez-Carretero, E.[8]

[1,2,3,4] Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, San Luis Potosí. México.
[5] Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur. México.
[7] Universidad Nacional de Cuyo, Argentina. Mendoza, Mendoza. Argentina.
[8] Instituto Argentino de Investigación de Zonas Áridas. Mendoza, Argentina. País.

*Autor responsable: jorge.alcala@uaslp.mx; Km. 14.5 Carretera San Luis-Matehuala Núm. Conocido, Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí. México. CP 78321; Tel. +52(444)-852-4058

Resumen
El objetivo del estudio fue determinar presencia de cadmio y plomo en cinco usos de suelo en la zona urbana – rural entre los municipios de Soledad de Graciano Sánchez y San Luis Potosí (México). Fueron establecidos puntos de muestreo, distribuidos en cinco usos de suelo: agropecuario, asentamiento, comercio y servicios, asentamiento urbano y minero, tomándose muestras de suelo durante las temporadas de verano, otoño-invierno y primavera. La determinación de metales pesados fue con la técnica de espectrofotometría de absorción atómica. El análisis estadístico consistió en un modelo para evaluar el efecto del uso de suelo y temporada sobre las concentraciones de Pb y Cd. Con un total de 90 muestras analizadas, se encontró un efecto significativo del uso del suelo en cuanto a los niveles de Pb y Cd. Las concentraciones medias fueron Pb (101.4 mg/kg) > Cd (10,7 mg/kg). El uso de suelo minero mostró las mayores concentraciones de los metales evaluados. Los niveles de estos elementos se pueden considerar excesivamente fitotóxicos. De acuerdo a la EPA, los cuatro metales se encuentran en el rango marcado como alto, sin embargo no rebasan los límites permisibles establecidos por la NOM-147-SEMARNAT-SSA1-2004. Los resultados demuestran la necesidad de continuar estudiando a estos usos de suelo y sus efectos, así como las posibles medidas de prevención y mitigación de impactos.

Palabras clave
Metales pesados; uso de suelo; impacto ambiental.

Introducción
La calidad del suelo debe basarse en el manejo sostenible del recurso y en la toma de decisiones de políticas de uso de suelo. En este sentido la calidad se relaciona a su capacidad, que puede incluir atributos como la fertilidad, productividad potencial, sostenibilidad y calidad ambiental (Bautista-Cruz, et al., 2004). Con respecto a la calidad ambiental, es de consideración la importancia de estudiar los metales pesados. Estos de acuerdo a la EPA (1992), son definidos como elementos que tienen una densidad >5g cc en su forma elemental. Las principales fuentes de contaminación son actividades industriales, vehículos, agroquímicos, residuos urbanos. El plomo y cadmio se encuentran dentro de los contaminantes del suelo considerados prioritarios en México, debido a su toxicidad (Volque y Velasco, 2004). La NOM-147-SEMARNAT-SSA1-2004 establece los límites máximos permisibles de estos elementos en diferentes usos de suelo. En los municipios de San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez se han realizado estudios para evaluar la contaminación ambiental en suelo,

indicando la presencia de metales pesados en el ambiente (Alcalá et al, 2012). En este sentido, se desarrolló el estudio para determinar el cadmio y plomo derivado de la dinámica de cinco usos de suelo en la zona urbana – rural entre los municipios de Soledad de Graciano Sánchez y San Luis Potosí (México).

Materiales y Métodos

El área de estudio se localizó en el estado de San Luis Potosí, dentro de la zona rural-urbana entre los Municipios de Soledad de Graciano Sánchez y San Luis Potosí (Figura 1). Fueron ubicados 30 sitios de muestreo distribuidos en un corredor ecológico, donde se determinaron cinco tipos de prácticas dominantes de uso del suelo: agropecuario (Agro), asentamiento rural (AsRu), comercio y servicios (CoySer), asentamiento urbano (AsUrb) y minero (Min). Las muestras se tomaron en los mismos puntos durante las estaciones de verano y otoño-invierno (2009) y primavera (2010). La profundidad de la muestra de suelo osciló de 0 a 15 cm. Para determinar las concentraciones de Cd y Pb se prepararon las muestras para ser analizadas mediante espectrofotometría de absorción atómica (Alcalá, et al., 2012). Se diseñó un modelo fijando un $\alpha \leq 0.05$ para conocer el efecto de los factores uso de suelo y temporada. Todos los análisis fueron realizados en el paquete estadístico MINITAB®. Los niveles de estos elementos fueron referenciados, con la NOM-147-SEMARNAT-SSA1-2004 y a lo establecido por EPA (1992).

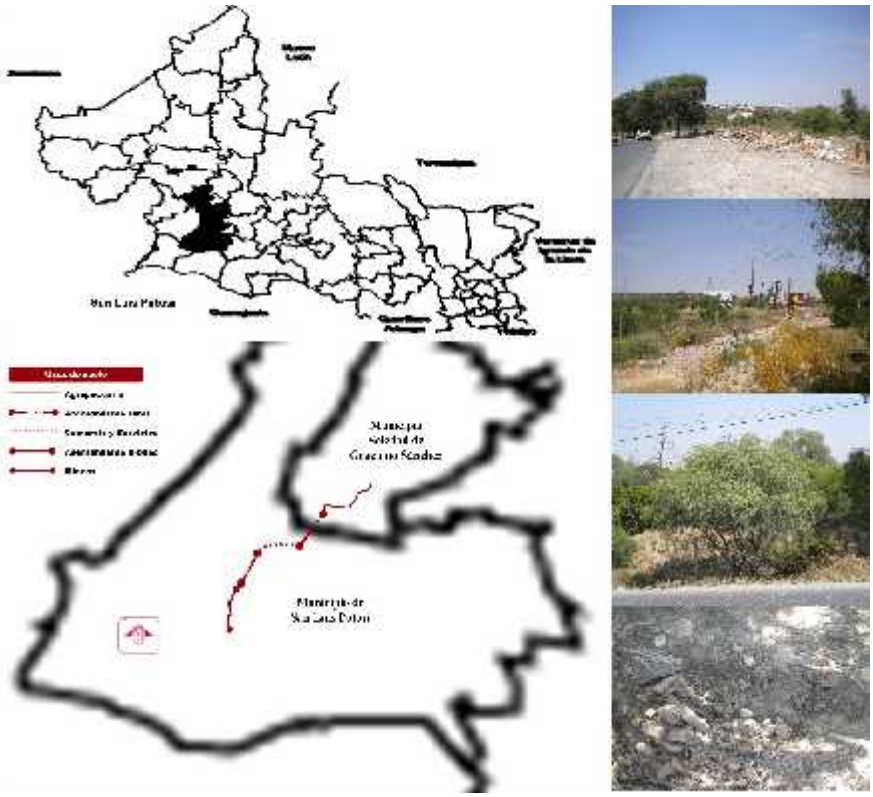


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Resultados y Discusión

Con un total de 90 muestras analizadas, se encontró un efecto significativo del uso del suelo en cuanto a los niveles de Pb y Cd. La temporada no tuvo efecto significativo. Las concentraciones medias fueron Pb (101.4 mg/kg) > Cd (10,7 mg/kg). Con respecto al análisis de correlación entre estos elementos, el coeficiente de Pearson indicó una asociación del 31%. En la Figura 2 se observa que la NOM-147-SEMARNAT-SSA1-2004 establece para este elemento, un nivel permisible de 400 mg/kg en suelo agrícola, residencial y comercial y para el industrial 800 mg/kg.

En cuanto al Pb la zona minera incidió en una concentración de 348,49±90,6 mg kg^{-1} y la menor cantidad en la zona residencial rural con 33,98±90,6 mg kg^{-1}.

La presencia de este metal en el ambiente, es atribuida a residuos de pinturas, baterías, soldaduras, vidrio, pigmentos, pesticidas, entre otros. Este metal una vez establecido en el suelo, se adhiere fuertemente a las partículas y permanece sobre la capa superior. El esparcimiento de sus partículas a través de la atmósfera, recorre grandes distancias si las partículas de plomo son muy pequeñas (ATSDR, 2007).

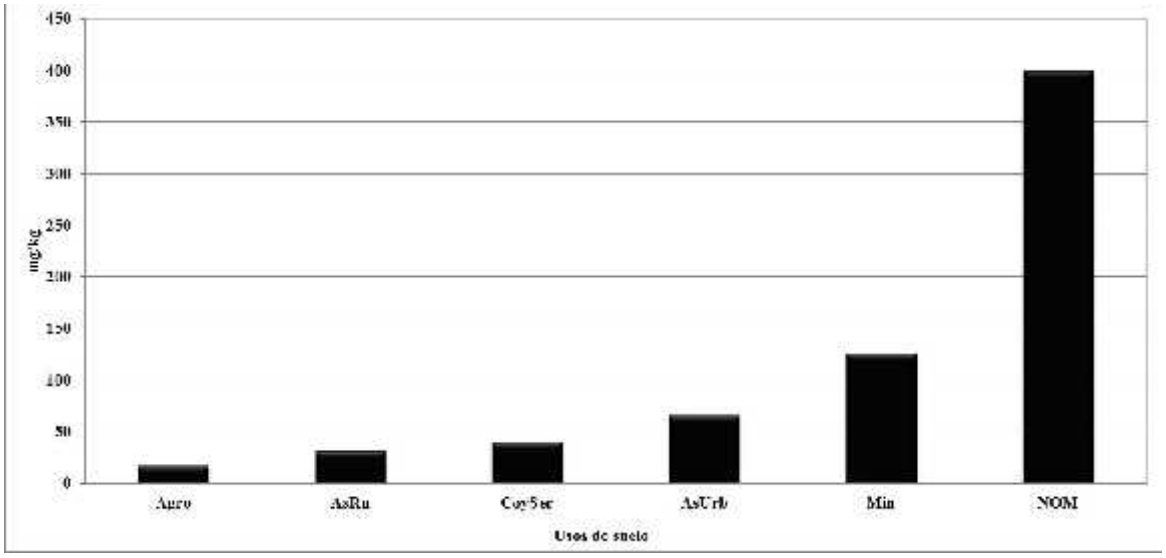


Figura 2. Relación de las concentraciones de plomo en los diferentes usos de suelo y límite permisible establecido por la NOM-147-SEMARNAT-SSA1-2004.

Respecto al Cd, el suelo sometido a la actividad minera presentó la mayor concentración con 33,0±6,66 mg/kg y en la zona residencial rural fue el que registró el valor menor 3,17±6,66 mg/kg. En la Figura 3 se presenta este resultado, destacando que la NOM-147-SEMARNAT-SSA1-2004 establece para este elemento un nivel permisible de 37 mg/kg en suelo agrícola, residencial y comercial y para el industrial 450 mg/kg. El revestimiento de pintura, uso de fungicidas, pigmentos, aceite de motor viejo y fabricación de acero, actividad minera, industrial y desechos domésticos son algunas de las fuentes que atribuyen la presencia de este elemento en el ambiente (ATSDR, 1999).

En cuanto al efecto de la temporada sobre las concentraciones de Cd y Pb se indica que no hubo efecto estadístico significativo (Figura 4). Se destaca que las concentraciones de Cd más altas fueron en la temporada de primavera con 13.62±5.16 y la más baja en otoño-invierno con 8.48±6,66 mg/kg. Con el Pb la mayor concentración fue en otoño-invierno con 155.9±70.18 y la menor concentración en primavera con 48.84±72.93 mg/kg. De acuerdo a estos niveles, no rebasan los límites máximos permisibles marcados por la NOM-147-SEMARNAT-SSA1-2004. No obstante, para los niveles que pueden ser considerados como fitotóxicos en suelo ambos rebasan lo establecido por la EPA (1992).

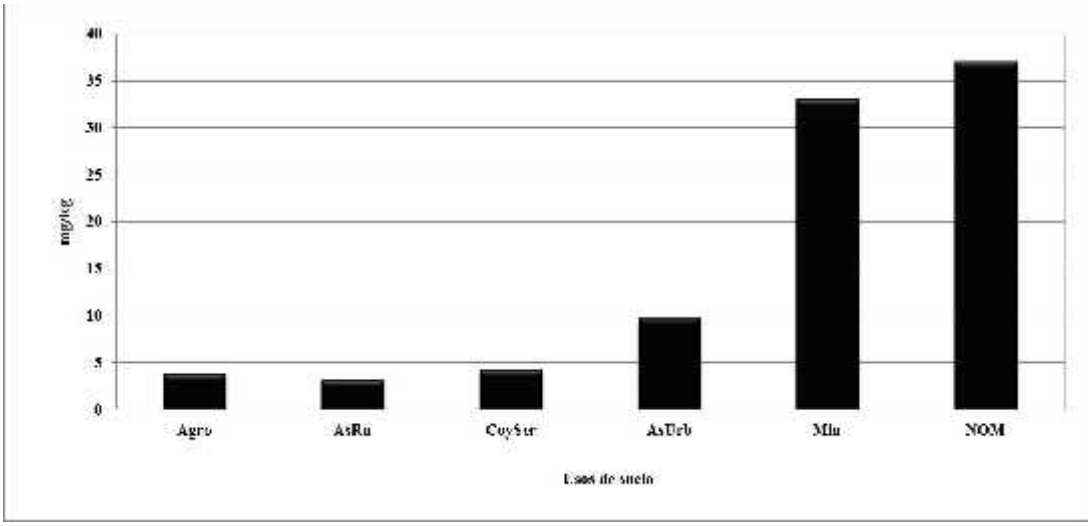


Figura 3. Relación de las concentraciones de cadmio en los diferentes usos de suelo y límite permisible establecido por la NOM-147-SEMARNAT-SSA1-2004.

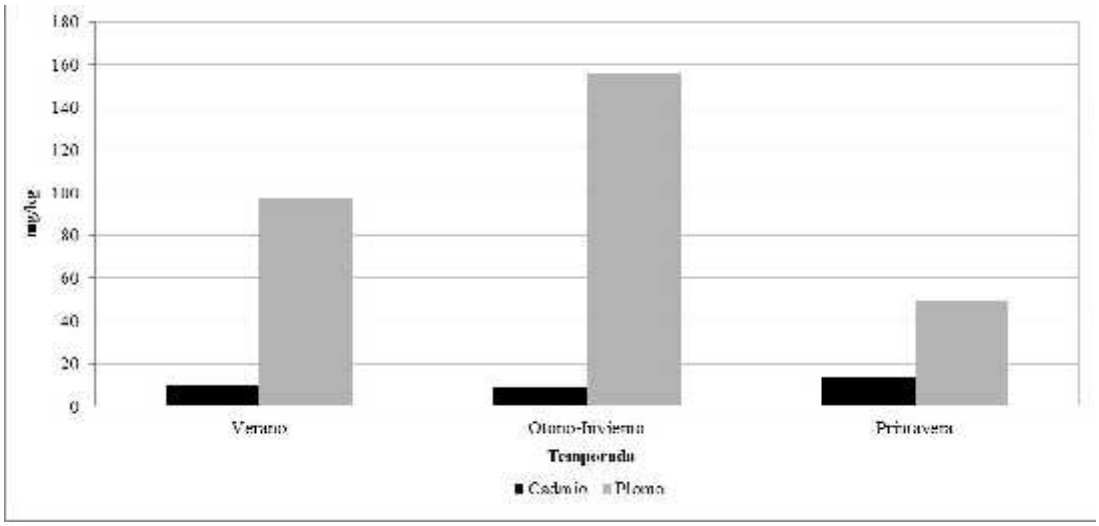


Figura 4. Relación de las concentraciones de cadmio y plomo de acuerdo a la temporada.

Conclusiones

Se identifica que los cinco usos de suelos evaluados inciden en la presencia de cadmio y plomo en el ambiente. De estos, el uso de suelo minero ha sido de mayor impacto ambiental. Los niveles encontrados, aun y cuando no exceden los límites máximos permisibles para uso agrícola, residencial urbano, comercio y servicios, así como minero establecidos por la NOM-147-SEMARNAT-SSA1-2004, si exceden límites internacionales que incluso pueden ser excesivamente fitotóxicos.

Agradecimientos

A los estudiantes de la carrera de Ingeniero Agroecólogo de la Facultad de Agronomía y Veterinaria que apoyaron con los muestreos.

Referencias

Alcalá-Jáuregui, J., Ávila-Castorena, C., Rodríguez-Ortiz, J.C., Hernández-Montoya, F., Beltrán-Morales y Loya-Ramírez, J.G. 2012 Metales pesados como indicador de impacto de un sistema ecológico fragmentado por usos de suelo,San Luis Potosí, México.

Bautista-Cruz, Etchervers Barra, J., del Castillo, R.F., y Gutiérrez, C. 2014. La calidad del suelo y sus indicadores. Ecosistemas 13 (2): 90-97.

EPA Environmental Protection Agency. 1992. Guide to Site and Soil Description for Hazardous Waste Site Characterization. Volume 1: Metals. 288 pp.

Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT-SSA1-2004. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. Publicado marzo 2007. Segunda sección.

Volque-Sepulveda, T y Velasco-Trejo, A. 2004. Tecnologías de remediación para suelos contaminados. México. INE-SEMARNAT. 64 pp.

CORRELACIONES ENTRE PESO PROMEDIO DE FRUTOS POR ARBOL Y MICRO-NUTRIMENTOS EN *Malus domestica* BORKH. VARIEDADES 'SMOOTHEE GOLDEN' Y 'STARKRIMSON'

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

[1]Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro Norte. Zacatecas, Zac., México.
[2]Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Matemáticas. Zacatecas, Zac., México.
[3]Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica. Zacatecas, Zac., México.
[4]Colegio de Posgraduados, Campus San Luis Potosí. Salinas de Hidalgo, SLP, México.

*Autor responsable: fiblama63@gmail.com; Calle Cruz del Sur Núm. 100, Col. Constelación, El Orito, Zacatecas, Zac., México. CP 98085; Tel. +52 (492)-9246147.

Resumen
El manzano es uno de los cultivos frutales más importantes en el mundo y en México. El estado de Zacatecas tiene un potencial para el cultivo del manzano en 8,000 ha. Sin embargo, solo se cultivan 1,200 ha debido a que los últimos inviernos han sido cálidos e irregulares de manera que han provocado desequilibrios fisiológicos que reducen el rendimiento en los árboles de las variedades 'Golden' y 'Red Delicious'. Por lo tanto, el objetivo del presente informe fue identificar las relaciones entre peso promedio de fruto por árbol y las concentraciones de Fe, Cu, Mn, Zn y B en el follaje de árboles de manzano variedades 'Smoothee Golden' y 'Starkrimson' al considerar información de 2010 a 2015, establecidos en Rancho Nuevo, Zacatecas. Para ello se estableció un experimento al considerar la aplicación al follaje de dosis diferentes de MicroSoil® en la etapa de plena floración y a los 30 y 60 días después de plena floración. Cada año se registró el peso de frutos por árbol, también se tomaron muestras de follaje para determinar las concentraciones de micro-nutrimentos (Fe, Cu, Mn, Zn y B) por espectrofotometría. Luego se estimaron los coeficientes de correlación de Pearson (r) entre pares de variables. El peso de frutos por planta de manzano se correlaciona de manera negativa con Fe, Zn y B. Otras correlaciones significativas positivas entre nutrimentos fueron evidenciadas, pero los elementos involucrados no se correlacionaron de manera negativa con el rendimiento, excepto Fe que se correlaciona con Zn.

Palabras clave
Fe; Cu; Mn; Zn; B

Introducción
El manzano es uno de los cultivos frutales más importantes en el mundo (Pirlak *et al*., 2007) y en México, al considerar los volúmenes de producción (457,889 t) (FAO. s/f). La superficie dedicada al cultivo del manzano en México es de 66,400 ha. Esta área representa el 6 % de la superficie total ocupada por todas las especies frutícolas (SAGARPA, 2002).

El estado de Zacatecas tiene un potencial para el cultivo del manzano en 8,000 ha (Llamas-Llamas *et al*., s/f). Sin embargo, solo se cultivan 1,200 ha debido a que los últimos inviernos han sido cálidos e irregulares de manera que han provocado desequilibrios fisiológicos (que inducen brotación tardía, escasa e irregular, mayor sensibilidad al ataque de plagas y enfermedades y reducción del

rendimiento) en los árboles de las variedades 'Golden' y 'Red Delicious' (Llamas-Llamas *et al*., s/f), lo cual ha conllevado a que la superficie cultivada haya disminuido notablemente desde más 2,000 ha en 1985.

Muchos factores, como los nutrimentos, se constituyen como factores limitantes de la producción en una amplia gama de agrosistemas. En particular, los problemas de desórdenes nutrimentales por deficiencias y excesos han sido resueltos con la implementación de prácticas de manejo como la fertilización. Por ello, ha sido preciso el desarrollo de tecnología y la estimación de los requerimientos nutrimentales a nivel local o regional. La relación entre la nutrición de los árboles de manzano y la calidad de la fruta han sido bien estudiados (Bramlage, 1993; Noé *et al*., 1997). El balance nutrimental adecuado es esencial para mantener la calidad de la fruta (Marcelle, 1995; Dris *et al*., 1999). Pirlak *et al*. (2007) han sugerido que *Pseudomonas putida* BA−8 y *Bacillus subtillus* (sinónimo de *Paenibacillus macerans*) OSU−142 por si solas o en combinación, aplicadas al follaje y flores, tienen el potencial de incrementar el rendimiento, el crecimiento y las concentraciones foliares de N y K en árboles de manzano 'Starkrimson' y de N y P en aquellos de 'Granny Smith', establecidos en una huerta experimental en Karaman, Turquía. Con respecto a micro-nutrimentos, Wojcik y Treder (2006) consignaron que conforme se incrementa la concentración de B en hojas en arboles de manzano variedad 'Jonagold' se aumentan poco el peso promedio de fruto y rendimiento. Sin embargo, evidencias de esa naturaleza son escasas al considerar B y otros micro-nutrimentos en la región Centro-Norte de México. Por lo tanto, el objetivo del presente informe fue identificar las relaciones entre peso promedio de fruto por árbol y las concentraciones de los micro-nutrimentos de Fe, Cu, Mn, Zn y B en el follaje de árboles de manzano variedades 'Smoothee Golden' y 'Starkrimson' al considerar información de seis años (2010-2015), establecidos en Rancho Nuevo, Zacatecas.

Materiales y Métodos

Cepas bacterianas, condiciones de cultivo, medio y tratamientos

El producto comercial (MicroSoil®) se evaluó en un experimento como fuente de bacterias. En sí, dicho producto contiene *Azotobacter vinlandii*, *Clostridium pastereium*, *Bacillus lichenoformis*, *Bacillus subtilis*, *Rhodococus*, *Azospirillum*, *Arthrobacter* y *Rhodobacter*. La suspensión bacteriana se diluyó en agua destilada estéril para obtener 3 dosis diferentes: 250 mL en 25 L de agua, 312.5 mL en 25 L de agua y 417 mL en 25 L de agua (2010-2012) y para los años sucesivos (2013-2015) se duplicó la dosis (500 mL en 25 L de agua, 625 mL en 25 L de agua y 834 mL en 25 L de agua) al considerar resultados previos con efectos no significativos. También se incluyó al testigo (sin MicroSoil®). El experimento se estableció en una huerta de Rancho Nuevo, Zacatecas al considerar árboles de 6 a 10 años de edad (2010). El espaciamiento entre hileras fue de 4.5 m, mientras que entre árboles fue de 2.6 m. En el primer año, 48 árboles de la variedad 'Smoothee Golden' y 48 árboles de la variedad 'Starkrimson' fueron seleccionados. Las 4 dosis se aplicaron en 4 bloques completos al azar. Cada dosis se aplicó en tres árboles; de esta manera: 4 dosis X 4 repeticiones X 3 árboles = 48 árboles. La aplicación de la dosis testigo o control (T1) consistió en rociar los árboles con agua estéril. La aplicación de las otras dosis consistió rociar la suspensión diluida en la etapa de plena floración y a los 30 y 60 días después de plena floración, durante 2010-2015. Las prácticas riego y control de plagas y enfermedades fueron realizadas por el productor cooperante.

Cabe señalar que el control fitosanitario integral del cultivo está basado en la prevención y manejo del agente causal de la pudrición del cuello (*P. cactorum*) de los árboles, mediante el uso de patrones tolerantes ('MM109') y la aplicación de fungicidas elaborados a base de hongos antagónicos *Trichoderma harzianum*. La prevención de daños a la raíz de los árboles, causados por pulgón

lanígero, *E. lanigerum*, se ha llevado a cabo mediante el uso de patrones tolerantes ('MM109', 'MM106' y 'MM111') y el bioinsecticida Bio−Metha, elaborado con base en el hongo entomopatógeno, *Metharhizium anisopliae*.

Análisis de Follaje

Hojas completamente desarrolladas de la parte media de la copa de cada uno de los 96 árboles fueron muestreadas a mediados del mes de julio en todos los años de estudio (2010-2015). Con el fin de determinar el contenido de minerales en las hojas, las muestras fueron secadas en estufa a 68 °C durante 48 horas y, posteriormente, molidas. Las muestras deshidratadas fueron molidas y enviadas al Laboratorio de Servicio del Centro Nacional de Investigaciones en Relaciones Agua-Suelo-Planta-Atmósfera del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, el cual se localiza en Gómez Palacio, Durango, México para su análisis. Las determinaciones de Fe, Cu Mn, Zn y B se realizaron por espectrofotometría.

Análisis de datos

Los datos de los 6 años de estudio con respecto al peso promedio de fruto por árbol, así como de Hierro (Fe), Cobre (Cobre) Manganeso (Mn), Zinc (Zn) y Boro (B) fueron analizados mediante correlaciones bivariadas (r de Pearson). Para ello, los datos se capturaron y procesaron en Excel.

Resultados y Discusión

Una variación considerable caracteriza a la mayoría de las variables (Cuadro 1). Peso de fruto por planta, Cu, Mn, Zn y B tienen una variabilidad grande (CV>25%); mientras que Fe presenta una variabilidad moderada (CV entre 15 y 25%). Estas condiciones facilitan, entonces, el análisis estadístico de la base de datos para lograr el objetivo planteado.

Cuadro 1. Estimadores estadísticos básicos de peso promedio de fruto por planta (PPF) y concentraciones de micro-nutrimentos en follaje de árboles de manzano (*Malus domestica* Borkh.) variedades 'Smoothee Golden' y 'Starkrimson' (árboles n=192) colectado durante seis años (2010-2015).

Variable	Media	Error Estándar	Desviación Estándar	Coeficiente Variación	Mínimo	Máximo
Peso fruto por planta (Kg)	23.94	21.64	1.56	90.41	0.73	189.47
Fe (ppm)	146.59	31.81	2.30	21.70	90.00	260.00
Cu (ppm)	12.72	8.158	0.59	64.12	3.00	50.00
Mn (ppm)	52.47	16.62	1.20	31.67	25.00	115.00
Zn (ppm)	48.83	82.42	5.95	168.80	5.00	452.00
B (ppm)	51.76	47.18	3.40	91.16	0.00	256.00

La matriz de correlaciones provee un panorama general de las correlaciones bi-variadas significativas evidenciadas (Cuadro 2). Peso de fruto por planta fue afectado negativa y significativamente por Fe, Zn y B. Estos resultados indican que el rendimiento puede disminuir conforme las concentraciones de Fe, Zn y B sean mayores en las hojas de los árboles de manzano. Entonces, Fe, Zn y B pueden estar limitando la producción de frutos de manzano en los rangos 90-260, 5-452 y 0-256 ppm, respectivamente (Cuadro 1).

El resultado que involucra el efecto del B sobre el peso de fruto por planta discrepa del señalado por Wojcik y Treder (2006); quizás la discrepancia se asocia a que los genotipos involucrados son diferentes.

También, las correlaciones bi-variadas positivas entre Mn y Cu, Zn y Fe y B y Cu fueron evidenciadas. Esos resultados sugieren que los dos micro-nutrimentos se incrementan dentro de los rangos evidenciados para cada elemento. Asimismo, las correlaciones bi-variadas negativas entre nutrimentos identificadas son Cu y Fe, Zn y Cu y Zn y Mn. Es decir, en cada correlación, mientras la concentración de uno de los elementos en el follaje aumenta, la del otro disminuye.

Cuadro 2. Coeficientes de Correlación de Pearson (r) entre peso promedio de fruto por planta (PPF) y concentración de micro-nutrimentos en follaje de árboles de manzano (*Malus domestica* Borkh.) variedades 'Smoothee Golden' y Starkrimson (árboles n=192) colectado durante seis años (2010-2015).

Variable		Fe (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	B (ppm)
Cu (ppm)	r	**-0.118**				
	P	0.103				
Mn (ppm)	r	-0.079	**0.239**			
	P	0.279	0.001			
Zn (ppm)	r	**0.721**	**-0.165**	**-0.191**		
	P	0.000	0.022	0.008		
B (ppm)	r	0.075	**0.227**	0.073	-0.052	
	P	0.301	0.002	0.317	0.474	
Peso Fruto por Planta (Kg)	r	**-0.146**	-0.084	-0.022	**-0.150**	**-0.115**
	P	0.043	0.245	0.761	0.038	0.111

Conclusiones

El peso de frutos por planta de manzano se correlaciona de manera negativa con Fe, Zn y B. Otras correlaciones significativas positivas entre nutrimentos fueron evidenciadas, pero los elementos involucrados no se correlacionaron de manera negativa con el rendimiento, excepto Fe que se correlaciona con Zn. Por lo tanto, en trabajos futuros debe considerase este aspecto.

Agradecimientos

Al Instituto de Horticultura y la Dirección de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo por el financiamiento del proyecto del que se derivó esta contribución.

Referencias

Bramlage, W.J. 1993. Interactions of orchard factors and mineral nutrition on quality of pome fruit. Acta Hort. Vol. 326, 15–28.

Dris, R.; Niskanen, R.; Fallahi, E. 1999. Relationships between leaf and fruit minerals and fruit quality attributes of apples grown under northern conditions. J. Plant Nutr. 1999, 22, 1839–1851.

FAO. s/f. Statiscal Database. www.fao.org. Consultado el 25 de marzo de 2010.

Llamas−Llamas, J.J., J.J. Avelar−Mejía, A. Lara−Herrera, J.O. Cortés−Bañuelos y M.A. Salas−Luévano. s/f. Evaluación de variedades de manzano con bajos requerimientos de frío invernal. Universidad Autónoma de Zacatecas−Unidad Académica de Agronomía. Zacatecas, Zac., México. 6 p. http://www.uaz.edu.mx/cippublicaciones/viijornadasdeinvestigacion/mesa9/Evaluaci%F3n%20de%20variedades%20de%20manzano.pdf.

Marcelle, R.D. 1995. Mineral nutrition and fruit quality. Acta Hort. Vol. 383, 219–226.

Noé, N.; Eccher, T.; Porro, D.; Stainer, R. 1997. Quality of Golden Delicious apples as affected by season and by nitrogen and potassium mineral nutrition. Acta Hort. Vol. 448, 487–497.

Pirlak, L., M. Turan, F. Sahin and A. Esitken. 2007. Floral and foliar application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) to apples increases yield, growth, and nutrient element contents of leaves. *J. Sustainable Agriculture* 30(4): 145−155.

SAGARPA. 2002. Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

Wojcik, P. and W. Treder. 2006. Effect of drip boron fertigation on yield and fruit quality in a high-density apple orchard. *J. Plant Nutr.* 29: 2199-2213.

EFECTO DE LA APLICACIÓN DIFERENTES DOSIS DE NITRÓGENO EN LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE *Stevia rebaudiana*

Blasco-León, B.[1*]; Sánchez-Chávez, E.[2], De la Torre-Betts, J.J.[3]; Romero-Monreal, L.M.[1];

[1]Departamento de Fisiología Vegetal. Universidad de Granada, España.
[2]Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Unidad Delicias, Chihuahua. México.
[3] Departamento de Tecnología del Medio Ambiente, Universidad de Granada, España.

*Autor responsable: bblasco@ugr.es; Facultad de ciencias. Universidad de Granada; Avenida Fuentenueva s.n, , Granada, Españas. CP 18071; Tel. +34 958 243 255

Resumen
Las plantas constituyen una fuente importante de productos activos naturales, los cuales han jugado un papel muy importante en la medicina tradicional de muchos países. Para la realización de este estudio las plantas de *Stevia rebaudiana* Bert crecieron bajo condiciones controladas y se le aplicó una solución Hoagland completa modificada según nuestras condiciones. Los tratameintos consistieron en la administración de diferentes concentraciones de N (5 mM, 10 mM, 20 mM y 40 mM). Posteriormente, se estudiaron los parámetros RGR, azúcares, ascorbato y fenoles. Los datos mostraron que la utilización de dosis de N entre 10 y 20 mM serían beneficiosas para mejorar las características agronómicas del cultivo.

Palabras clave
Stevia rebaudiana ; Nitrógeno; Ascorbato; Azúcares ; Fenoles

Introducción
Las plantas constituyen una fuente importante de productos activos naturales, los cuales han jugado un papel muy importante en la medicina tradicional de muchos países. En los últimos años, la prevención del cáncer y las enfermedades de corazón han sido asociadas a la ingesta de fruta fresca, verduras o tés, ricos en antioxidantes naturales (Virgili *et al.*, 2001; Johnson, 2001). Otro de los parámetros determinante de la calidad de plantas y frutos viene determinado por el contenido en azúcares. El contenido de azúcares depende exclusivamente de la expresión genética, aunque también existen otros factores que pueden influir en el contenido y composición de éstos como el abono aplicado, el clima, las condiciones de almacenamiento, el pH, el total de sólidos y el tamaño de los frutos (Georgelis, 2002; Geuns, 2003). *Stevia rebaudiana* Bert. (yerba dulce), es una planta arbustiva originaria del noreste de Paraguay, perteneciente a la familia de las compuestas. Esta planta sudamericana acumula en sus hojas glicósidos diterpénicos de sabor dulce y un poder edulcorante 300 veces superior a la glucosa, lo que la convierten en una planta muy particular (Shock, 1982). A su vez, las hojas secas contienen un alto valor nutritivo y una alta actividad antioxidante (flavonoides, alcaloides, clorofilas y xantofilas, oligosacáridos, aminoácidos, lípidos, aceites esenciales y elementos traza) (Komissarenko et al., 1994), produciendo una serie de efectos beneficiosos para la salud a través de su consumo (Awika *et al*., 2003).
Es por tanto, debido a la implicación que puede tener el desarrollo de esta variedad en clima mediterráneo (Nepovin *et al.*, 1998) y la repercusión que este tipo de nuevo edulcorante puede tener

en la salud humana, los objetivos de este estudio son determinar las dosis óptimas de fertilización de N para el crecimiento y desarrollo de *Stevia rebaudiana* Bertoni, así como la respuesta en su contenido de azúcares y calidad nutricional.

Materiales y Métodos

Material Vegetal y condiciones de crecimiento

Para realizar el presente trabajo se empleó la variedad "criolla" de la planta Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni). Las plantas crecieron en cámara de cultivo bajo condiciones controladas con humedad relativa 60-80%, temperatura 25ºC/15ºC (día/noche), y 16h/8h de fotoperiodo con un PPFD de 350 $\mu mol^{-2}s^{-1}$. Durante todo el experimento las plantas crecieron en una solución nutritiva consistente en: 10 mM $NaNO_3$, 2 mM Na_2SO_4, 2 mM NaH_2PO_4, 1.5 mM $MgCl_2$, 2,5 mM $CaCl_2$, 5mM KCl, 2 µM $MnCl_2$, 0.25 µM $CuCl_2$, 0.75 µM $ZnCl_2$, 0.1 µM $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$, 5 µM Fe-EDDHA y 50 µM H_3BO_3. Los tratamientos de N se iniciaron 45 días después de la germinación y fueron mantenidos durante 22 días. Además, consistieron en la administración de diferentes concentraciones de N (5 mM, 10 mM, 20 mM y 40 mM). El diseño experimental consistió en un bloque aleatorio completo con ocho tratamientos, seis plantas por tratamiento dispuestas en macetas individuales y con tres réplicas por tratamiento (n=9).

Análisis del material vegetal fresco

Los fenoles del tejido vegetal fueron extraídos con metanol. El contenido fue cuantificado a una absorbancia de 765 nm utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteau (Rivero *et al.,* 2001). El ascorbato fue determinado por espectrofotometría siguiendo el método usado por Gossett *et al.,* (1994). Los azúcares fueron analizados según el modelo estándar descrito por Struyf *et al*., (2008). Las muestras obtenidas fueron analizadas a través de HPLC.

Análisis estadístico

Todos los análisis se repitieron por triplicado y los resultados fueron evaluados estadísticamente usando un análisis de la varianza ANOVA simple con un intervalo de confianza del 95%. Las diferencias entre las medias se compararon mediante el test de rango múltiple de Duncan (DMRT; $P < 0.05$).

Resultados y Discusión

De las distintas formas en las que podemos encontrar el N en el suelo, el NO_3^- es la más biodisponible y asimilada por las plantas (von Wiren et al., 1997; Lea y Azevedo, 2006). Nuestros resultados muestran como la dosis 10 mM de N presenta una tasa de crecimiento relativo (RGR) superior al resto de los tratamientos (Fig. 1), lo cual nos indica que otras de las dosis utilizadas en nuestro trabajo tuvieron un efecto negativo en dicho parámetro. Estos resultados parecen estar de acuerdo con algunos autores que observan como valores por encima de 10 mM de N podrían hacer aparecer síntomas de toxicidad (Sánchez *et al.,* 2002).

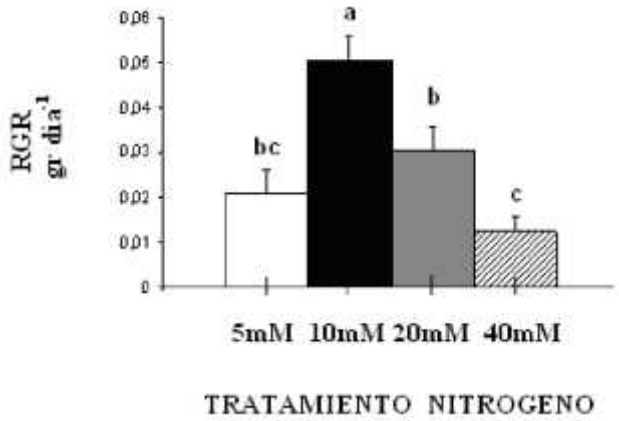


Figura 1: Crecimiento relativo (RGR) de *Stevia Rebaudiana* frente a diferentes tratamientos de N. Los valores con las mismas letras en cada columna no son significativamente diferentes de acuerdo con DMRT a $P \leq 0.05$.

Respecto a los azúcares, el rebaudiósido A es el componente de mayor poder edulcorante del extracto obtenido. El steviósido es otro componente edulcorante mayoritario presente en los extractos de las hojas secas de *Stevia rebaudiana*, aunque de menor potencial edulcorante que el rebaudiósido A. El rebaudiósido C es el componente responsable del sabor amargo que se percibe al saborear las hojas secas de esta planta (Geuns, 2003). Un bajo contenido de este elemento determina una mejor calidad organoléptica en los productos elaborados a partir de estos extractos.
Los resultados obtenidos con diferentes concentraciones de N mostraron la misma tendencia con los tratamientos 5 mM, 20 mM y 40 mM, siendo el tratamiento al que se le aplicó la concentración de 20 mM de N el que mostró la mayor cantidad de rebaudiósido A y mayor radio en el conjunto de azúcares. La concentración 10 mM de N mostró resultados negativos en cuanto al conjunto de azúcares presentes. (Fig. 2).

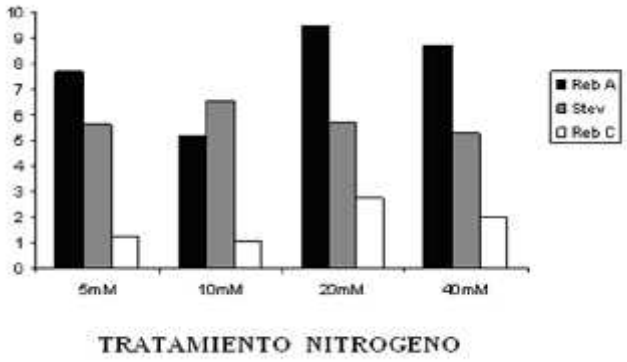


Figura 2: Contenido en azúcares (Reb A: rebaudiósido A, Stev: steviósido, Reb C: rebaudiósido C) en hojas de *Stevia Rebaudiana* frente a diferentes tratamientos de N.

Existen otros compuestos como ascorbato (AA) y fenoles, que son frecuentemente utilizados como parámetros de calidad. Cumplen una importante función de defensa frente al estrés oxidativo (Smirnoff 2000). Debido a sus propiedades antioxidantes, se ha demostrado que el AA disminuye el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer (Mozafar, 1993). Los

resultados expresados en este trabajo no muestran diferencias significativas en cuanto al AA total y reducido para el tratamiento de N (Fig. 3).

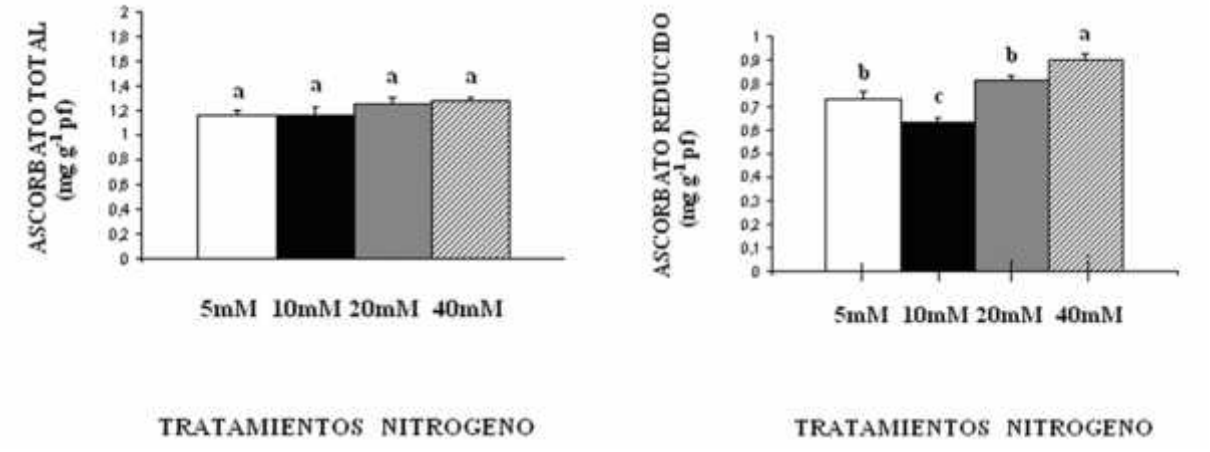


Figura 3: Concentración de AA total y reducido en hojas de *Stevia Rebaudiana* frente a diferentes tratamientos de N. Los valores con las mismas letras en cada columna no son significativamente diferentes de acuerdo con DMRT a $P \leq 0.05$.

Los compuestos fenólicos se encuentran de forma común en plantas comestibles y no comestibles, y se han descrito múltiples efectos biológicos, incluida la actividad antioxidante (Kahkonen *et al.*, 1999). Esta actividad antioxidante parece estar relacionada con un retraso del envejecimiento celular, así como una protección frente a la peroxidación lipídica, una reacción que podría ser un paso importante en el desarrollo de enfermedades como el daño cardiovascular o algunos tipos de cáncer (Rice-Evan, 2001). Nuestros resultados no muestran diferencias significativas en la cantidad de fenoles totales para los tratamientos de N (Fig. 4).

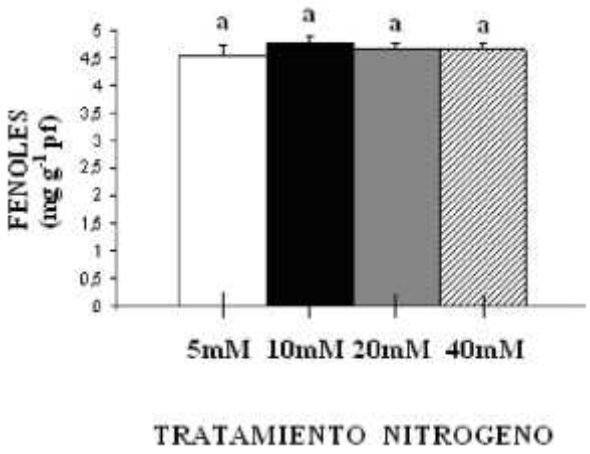


Figura 4: Concentración de fenoles totales en hojas *Stevia Rebaudiana* frente a diferentes tratamientos de N. Los valores con las mismas letras en cada columna no son significativamente diferentes de acuerdo con DMRT a $P \leq 0.05$.

Conclusiones

Considerando los resultados obtenidos en este trabajo concluimos que el manejo en la fertilización con N puede ser beneficioso para el desarrollo y mejora del cultivo de *Stevia rebaudiana*, puesto que el mayor desarrollo y crecimiento se consiguió con los tratamientos de 10 mM de N, además desde un punto de vista de calidad nutricional cabe destacar que el mayor contenido en azúcares se obtuvo para la dosis 20 mM de N. En definitiva, la utilización de dosis de N entre 10 y 20 mM serán beneficiosas para mejorar las características agronómicas del cultivo.

Referencias

Awika, J.M., Rooney, L.W., Wu, X., Prior, R.L., Zevallos, L.C. 2003. Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (Sorghum bicolor) and sorghum products. J Agric Food Chem 51:6657–6662.

Castelli, I., Logegaray, V., Frezza, D. 2010. Spinach quality: Reduction of oxalate content in leaves through different phosphorus levels in the nutrient solution. Effect on growth parameters. Advances in Horticultural Science 24 (2): 145-148.

Geuns, J.M.C., Buyse, J., Vankeirsbilck, A., Temme, L. Safety of Stevioside used as a sweetener, pp 75-83 in Geuns, J.M.C. and Buyse, J. Eds. "Proceedings of the first symposium on the Safety of Stevioside". KULeuven, 2004. Euprint Editions ISBN 9074253024.

Geuns, J.M.C. 2003. Molecules of interest: Stevioside. Phytochem 64:913–921

Gossett, D.R., Millhollon, E.P., Lucas, M.C., 1994. Antioxidant responses to NaCl stress in salt-sensitive cultivars of cotton. *Crop Sci. 3*4:706-714.

Johnson, I.T. 2001. Antioxidants and antitumour properties. In: Pokorny, J., Yanishlieva, N., Gordon, M. (Eds.), Antioxidants in Food. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, pp. 100–123.

Kahkonen, M., Hopia, A., Heikki, J. 1999. Antioxidant Activity of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds. *J. Agric. Food Chem.*, 47:3954-3962.

Lea, P.J., Azevedo, R.A. 2006. Nitrogen use efficiency. 1. Uptake of nitrogen from the soil. *Ann. Appl. Biol.* 149: 243-247.

Mozafar, A., 1993. Nitrogen fertilizers and the amount of vitamins in plants: A review. Journal of plant nutrition 16 (12).

Nepovin, A., Drahosova, H., Valicek, P., Vanek, T. 1998. The effect of cultivation conditions on the content of stevioside on *Stevia rebaudiana* Bertoni plants cultivated in the Czech Republic. Pharmaceutical and Pharmacological Letters 8 (1), pp. 19-21.

Re, R., Pellegrini, A., Proteggente, A., Pannala, M., Yang, C., Rice-Evans, C., 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Bio. Med. 26*, 1231-1237.

Rice-Evans, C. A., Bagchi, D. 2001. Nutritional proanthocyanidins, flavonoids, and related phenols. Antioxidants and redox signaling. 3 (6), pp. 939-940.

Rivero, R.M., Ruiz, J.M., García, P.C., López-Lefebre, L.R., Sánchez, E., Romero, L., 2001. Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants. *Plant Sci.* 160, 315-321.

Sanchez, E., García, P.C., Rivero, R.M., Ruiz, J.M., Romero, L., 2002. Proline metabolism in response to nitrogen deficiency in French bear plants. Plant growth regulation. 36(3) 261-269.

Sanchez-Moreno, C., Larrauri, J.A., Saura-Calixto, F., 1998. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. Journal of the Science of Food and Agriculture 76, 270–276.

Shock, C. 1982. Experimental Cultivation of Rebaudi´s Stevia in California. Agronomy Progress Report. No. 122 Univ. of California, Davis

Smirnoff, N., 2000. Ascorbate biosynthesis and function in photoprotection. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 355, 1455-1464.

Struyf, T., Chandia, N.P., De Broggraeve, W.M., Dehaen, W., Geuns, J.M.C., Preparation of pure standars of steviol glycosides. Identification of steviol glycosides by LCMS and NMR in Geuns, J.M.C. Ed. "" Proceedings of 2nd Stevia Symposium organised by Eustas- Steviol glycosides: Technical and pharmacological aspects". KU- Leuven, Leuven, Belgium 2008, pp. 29-44, ISBN 9789074253-031.

EFECTO DE LA APLICACIÓN DIFERENTES DOSIS DE FÓSFORO EN LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE S*tevia rebaudiana*

Blasco-León, B.[1*]; Sánchez-Chávez, E.[2]; De la Torre-Betts, J.J.[3]; Romero-Monreal, L.M.[1];

[1]Departamento de Fisiología Vegetal. Universidad de Granada, España.
[2]Centro de Investigación en alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Delicias, Chihuahua, México.
[3] Departamento de Tecnología del Medio Ambiente, Universidad de Granada, España

*Autor responsable: bblasco@ugr.es; Facultad de ciencias. Universidad de Granada; Avenida Fuentenueva s.n, , Granada, Españas. CP 18071; Tel. +34 958 243 255

Resumen
Los efectos beneficiosos de los productos naturales de las plantas se deben a la presencia de diversos componentes que tiene diferentes mecanismos de acción. Para la realización de este estudio, las plantas de *Stevia rebaudiana* Bert crecieron bajo condiciones controladas y se le aplicó una solución Hoagland completa modificada según nuestras condiciones. Los tratamientos consistieron en la administración de diferentes concentraciones de P (1 mM, 2 mM, 4 mM y 8 mM). Posteriormente, se estudiaron los parámetros RGR, azúcares, ascorbato y fenoles. Los datos mostraron que la utilización de dosis 2 mM serían beneficiosas para mejorar el crecimiento vegetativo de este cultivo.

Palabras clave
Stevia rebaudiana ; Fósforo; Ascorbato; Azúcares; Fenoles

Introducción
Los efectos beneficiosos de los productos naturales de las plantas se deben a la presencia de diversos componentes que tiene diferentes mecanismos de acción. En los últimos años, la prevención enfermedades como el cáncer y enfermedades del corazón han sido relacionadas con la ingesta de fruta fresca, verduras o tés, ricos en antioxidantes naturales (Virgili *et al.*, 2001; Johnson, 2001). Además de compuestos antioxidantes y azúcares, las plantas son una fuente importante de elementos minerales y vitaminas necesarias para un crecimiento y desarrollo adecuado del ser humano. Algunos de los desórdenes nutricionales debilitantes más extendidos en humanos están causados por dietas pobres en nutrientes minerales, las cuáles pueden desencadenar una serie de consecuencias asociadas a la malnutrición, como son la reducción en el rendimiento intelectual y laboral, decaimiento, retardo del crecimiento y del desarrollo neurológico, debilitación del sistema inmune y finalmente un incremento en las tasas de mortalidad.

Stevia rebaudiana Bert. (yerba dulce), es una planta arbustiva originaria del noreste de Paraguay, perteneciente a la familia de las compuestas. Esta planta sudamericana acumula en sus hojas glicósidos diterpénicos de sabor dulce y un poder edulcorante 300 veces superior a la glucosa (Shock 1982). A su vez, las hojas secas contienen un alto valor nutritivo y una alta actividad antioxidante (flavonoides, alcaloides, clorofilas y xantofilas, oligosacáridos, aminoácidos, lípidos, aceites esenciales y elementos traza) (Komissarenko et al., 1994), produciendo una serie de efectos beneficiosos para la salud a través de su consumo (Awika *et al*. 2003). Es por tanto, debido a la implicación que puede tener el desarrollo de esta variedad en clima mediterráneo (Nepovin *et al.*

1998) y la repercusión que este tipo de nuevo edulcorante puede tener en la salud humana, los objetivos de este estudio son determinar las dosis óptimas de fertilización de P para el crecimiento y desarrollo de *Stevia rebaudiana* Bertoni, así como la respuesta en su contenido de azúcares y calidad nutricional.

Materiales y Métodos

Material Vegetal y condiciones de crecimiento

Para realizar el presente trabajo se empleó la variedad "criolla" de la planta Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni). Las plantas crecieron en cámara de cultivo bajo condiciones controladas con humedad relativa 60-80%, temperatura 25ºC/15ºC (día/noche), y 16h/8h de fotoperiodo con un PPFD de 350 $\mu mol^{-2}s^{-1}$. Durante todo el experimento las plantas crecieron en una solución nutritiva consistente en: 10 mM $NaNO_3$, 2 mM Na_2SO_4, 2 mM NaH_2PO_4, 1.5 mM $MgCl_2$, 2,5 mM $CaCl_2$, 5mM KCl, 2 µM $MnCl_2$ 0.25 µM $CuCl_2$, 0.75 µM $ZnCl_2$, 0.1 µM $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$, 5 µM Fe-EDDHA y 50 µM H_3BO_3. Los tratamientos de P se iniciaron 45 días después de la germinación y fueron mantenidos durante 22 días. Además, consistieron en la administración de diferentes concentraciones de P (1 mM, 2 mM, 4 mM y 8 mM).. El diseño experimental consistió en un bloque aleatorio completo con ocho tratamientos, seis plantas por tratamiento dispuestas en macetas individuales y con tres réplicas por tratamiento (n=9).

Análisis del material vegetal fresco

Los fenoles del tejido vegetal fueron extraídos con metanol. El contenido fue cuantificado a una absorbancia de 765 nm utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteau (Rivero *et al.* 2001). El ascorbato fue determinado por espectrofotometría siguiendo el método usado por Gossett *et al.* (1994). Los azúcares fueron analizados según el modelo estándar descrito por Struyf *et al*. (2008). Las muestras obtenidas fueron analizadas a través de HPLC.

Análisis estadístico

Todos los análisis se repitieron por triplicado y los resultados fueron evaluados estadísticamente usando un análisis de la varianza ANOVA simple con un intervalo de confianza del 95%. Las diferencias entre las medias se compararon mediante el test de rango múltiple de Duncan (DMRT; $P < 0.05$).

Resultados y Discusión

El P es un elemento esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Su concentración y disponibilidad en el suelo no solo depende de diversos factores ambientales (Maathuis 2009) sino también de la actividad humana, ya que en los últimos años el exceso de fertilización se ha convertido en una práctica agronómica generalizada (Lea y Acevedo 2006). Nuestros resultados muestran como la dosis 2 mM de P presentaron una tasa de crecimiento relativo (RGR) superior al resto de los tratamientos (Fig. 1), lo cual nos indica que otras de las dosis utilizadas en nuestro trabajo, tuvieron un efecto negativo en dicho parámetro. De acuerdo con estos datos, Castelli *et al*., (2010) encontraron que altas concentraciones de P (3 mM) disminuyeron el peso seco en plantas de espinaca.

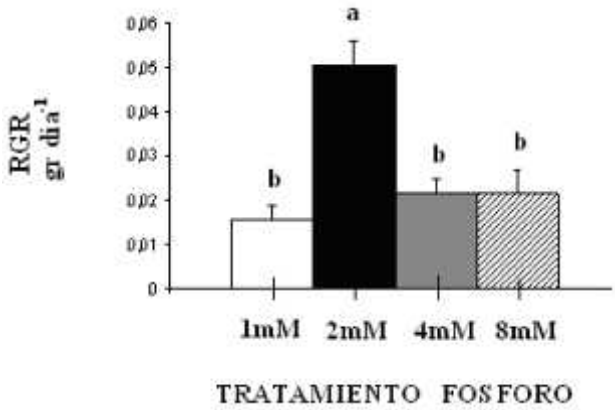


Figura 1: Crecimiento relativo (RGR) de *Stevia Rebaudiana* frente a diferentes tratamientos de P. Los valores con las mismas letras en cada columna no son significativamente diferentes de acuerdo con DMRT a $P \leq 0.05$.

Varios estudios han descrito que el contenido de azúcares y compuestos antioxidantes presentes en las hojas secas y extractos de Stevia dependen de las prácticas agrícolas (Geuns, 2003). El contenido en azucares ha sido definido como un importante parámetro de calidad (Damon *et al.*, 1988). El conjunto de azúcares, conocido como steviol glicósidos, se compone de tres glicósidos esenciales. El rebaudiósido A es el componente de mayor poder edulcorante del extracto obtenido seguido del steviósido aunque de menor potencial edulcorante. El rebaudiósido C otorga un sabor amargo que por lo que un bajo contenido de este elemento determina una mejor calidad organoléptica en los productos elaborados a partir de estos extractos (Geuns 2003). Los resultados obtenidos con los diferentes tratamientos de P mostraron resultados negativos en cuanto al conjunto de azúcares, siendo mayor el contenido en Steviósido en comparación con rebaudiósido A, mostrando mayor disminución de la calidad en los extractos obtenidos con estos tratamientos. (Fig. 2).

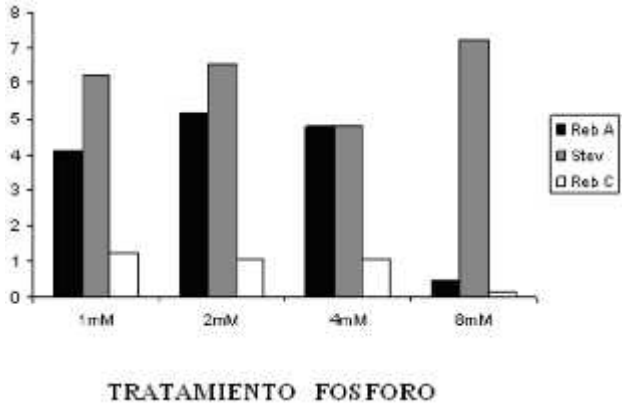


Figura 2: Contenido en azúcares (Reb A: rebaudiósido A, Stev: steviósido, Reb C: rebaudiósido C) en hojas de *Stevia Rebaudiana* frente a diferentes tratamientos de P.

Cada vez existen un mayor número de evidencias científicas que señalan los efectos aditivos y sinérgicos que los compuestos antioxidantes procedentes de frutas y verduras pueden tener sobre la salud humana, ya que pueden disminuir el riesgo de padecer numerosas patologías relacionadas con el estrés oxidativo. Existen compuestos como ascorbato (AA), que son frecuentemente utilizados como parámetros de calidad por sus conocidos beneficios para la salud humana frente a los ROS.

(Smirnoff, 2000). Los resultados en este trabajo con respecto a los tratamientos con P muestran que tanto el AA total como el reducido mostraron un aumento bajo la dosis 1 mM de P, (Fig. 3). Esto podría ser debido al estrés producido por la deficiencia de dicho nutriente en la planta.

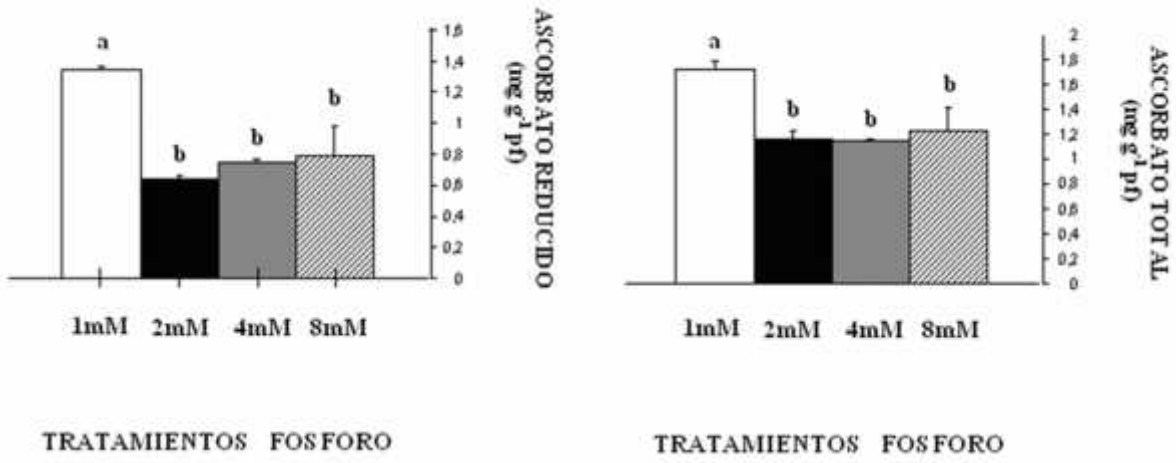


Figura 3: Concentración de AA total y reducido en hojas de *Stevia Rebaudiana* frente a diferentes tratamientos de N. Los valores con las mismas letras en cada columna no son significativamente diferentes de acuerdo con DMRT a $P \leq 0.05$.

Entre los fitoquímicos de mayor actividad encontramos los compuestos fenólicos que son un extenso grupo con un amplio rango de estructuras químicas. Un aspecto importante es que pueden actuar como quelantes de metales e inhibidores de enzimas como la xantina oxidasa, por lo que evitan la formación enzimática y no enzimática de ROS. Además, a algunos se les ha atribuido un posible papel anticarcinogénico (Kahkonen *et al.* 1999; Rice-Evan 2001). Nuestros resultados muestran un aumento significativo en la cantidad de fenoles totales para los tratamientos 4 mM de P (Fig. 4). Estos resultados podrían explicarse debido a que los compuestos fenólicos son derivados de la vía de las pentosas P (Seymour *et al.* 1993). Esta vía está involucrada en el mantenimiento y funcionamiento del sistema de defensa antioxidante que es crítico en la defensa frente al estrés en plantas (Ingle y D´Souza 1989). Así el P puede afectar indirectamente en la cantidad de compuestos fenólicos a través de la regulación de esta vía biosintética (Fig. 4).

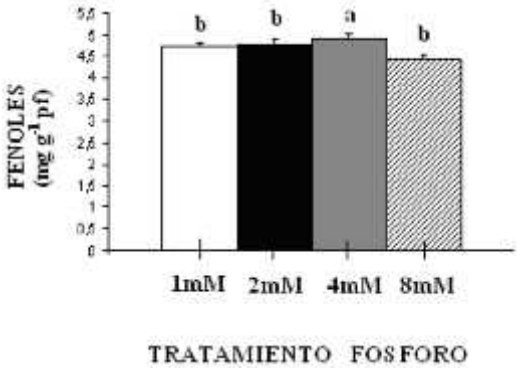


Figura 4: Concentración de fenoles totales en hojas *Stevia Rebaudiana* frente a diferentes tratamientos de P.

Los valores con las mismas letras en cada columna no son significativamente diferentes de acuerdo con DMRT a $P \leq 0.05$.

Conclusiones

Considerando los resultados obtenidos en este trabajo concluimos que el manejo en la fertilización con P puede ser beneficioso para el desarrollo y mejora del cultivo de *Stevia rebaudiana*, puesto que el mayor desarrollo y crecimiento se consiguió con la aplicación de 2mM de P sin una alteración negativa de la calidad de estas plantas. Futuros trabajos podrían ser desarrollados manteniendo constante la dosis 2mM de P y variando la concentración de otros nutrientes para tratar de incrementar las características nutricionales de del cultivo de *Stevia rebaudiana.*

Referencias

Awika, J.M., Rooney L.W., Wu, X., Prior, R.L., Zevallos, L.C. 2003 Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (Sorghum bicolor) and sorghum products. J Agric Food Chem 51:6657–6662.

Cai, Y., Luo, M., Sun, H.C., Corke, H., 2004. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medical plants associated with anticancer. *Life Sci.* 74, 2157-2184.

Castelli, I., Logegaray, V., Frezza, D. 2010. Spinach quality: Reduction of oxalate content in leaves through different phosphorus levels in the nutrient solution. Effect on growth parameters. Advances in Horticultural Science 24 (2), pp. 145-148.

Geuns, J.M.C., Buyse, J., Vankeirsbilck, A., Temme, L. Safety of Stevioside used as a sweetener, pp 75-83 in Geuns, J.M.C. and Buyse, J. Eds. "Proceedings of the first symposium on the Safety of Stevioside ". KULeuven, 2004. Euprint Editions ISBN 9074253024.

Gossett, D.R., Millhollon, E.P., Lucas, M.C. 1994. Antioxidant responses to NaCl stress in salt-sensitive cultivars of cotton. *Crop Sci. 3*4, 706-714.

Johnson, I.T. 2001. Antioxidants and antitumour properties. In: Pokorny, J., Yanishlieva, N., Gordon, M. (Eds.), Antioxidants in Food. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, pp. 100–123.

Kahkonen, M., Hopia, A., Heikki, J. 1999. Antioxidant Activity of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds. *J. Agric. Food Chem.*, 47, 3954-3962.

Lea, P.J., Azevedo, R.A. 2006. Nitrogen use efficiency. 1. Uptake of nitrogen from the soil. *Ann. Appl. Biol.* 149, 243-247.

Maathuis, F.J.M. 2009. Physiological functions of mineral macronutrients. Current opinion in Plant Biology 12, 250-258

Nepovin, A., Drahosova, H., Valicek, P., Vanek, T. 1998. The effect of cultivation conditions on the content of stevioside on *Stevia rebaudiana* Bertoni plants cultivated in the Czech Republic. Pharmaceutical and Pharmacological Letters 8 (1), pp. 19-21.

Re, R., Pellegrini, A., Proteggente, A., Pannala, M., Yang, C., Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Bio. Med. 26*, 1231-1237.

Rice-Evans, C.A., Bagchi, D. 2001. Nutritional proanthocyanidins, flavonoids, and related phenols. Antioxidants and redox signaling. 3 (6), pp. 939-940.

Rivero, R.M., Ruiz, J.M., García, P.C., López-Lefebre, L.R., Sánchez, E., Romero, L. 2001. Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants. *Plant Sci.* 160, 315-321.

Sanchez, E., García, P.C., Rivero, R.M., Ruiz, J.M., Romero, L. 2002. Proline metabolism in response to nitrogen deficiency in French bear plants. Plant growth regulation. 36(3) 261-269.

Seymour, G., Taylor, J. 1993. Biochemistry of fruit ripening; Chapman and Hall: London.

Shock, C. 1982. Experimental Cultivation of Rebaudi´s Stevia in California. Agronomy Progress Report. No. 122 Univ. of California, Davis

Smirnoff, N. 2000. Ascorbate biosynthesis and function in photoprotection. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 355, 1455-1464.

Struyf, T., Chandia, N.P., De Broggraeve, W.M., Dehaen, W., Geuns, J.M.C. Preparation of pure standars of steviol glycosides. Identification of steviol glycosides by LCMS and NMR in Geuns, J.M.C. Ed. "" Proceedings of 2nd Stevia Symposium organised by Eustas- Steviol glycosides: Technical and pharmacological aspects". KU- Leuven, Leuven, Belgium 2008, pp. 29-44, ISBN 9789074253-031.

CALIDAD DEL AGUA PARA USO AGRÍCOLA DEL RÍO MOLOLOA

Can-Chulim, Á.[1*]; Romero-Bañuelos, C. A.[2]; Cruz-Crespo, E.[3]; Barajas-Díaz, F.[4]

[1]Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, Nayarit. México.
[2]Secretaría de Investigación y Posgrado, Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, Nayarit. México.
[3]Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, Nayarit. México.
[4]CECyTEN 02. Tepic, Nayarit. México.

*Autor responsable: canchulim@yahoo.com.mx; Carretera Tepic-Compostela Km. 9. Xalisco, Nayarit. México. CP 63780; Tel. +52(311)-211-0128

Resumen
El río Mololoa es afluente del río Santiago. Se usa para el riego de caña, maíz, frijol, hortalizas y frutales. En la actualidad se considera contaminada por la descarga de aguas residuales de la ciudad de Tepic. De acuerdo a los índices del ICA requiere tratamiento para uso agrícola. El objetivo de este estudio fue definir la calidad del agua para uso agrícola del río Mololoa de acuerdo a índices basados en la concentración iónica. Se establecieron 13 estaciones de muestreo a lo largo del cauce del río Mololoa y se tomaron dos muestras simples por estación. Cada muestra se analizó por triplicado en sus iones (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, CO_3^{2-}, HCO_3^{-}, Cl^{-} y SO_4^{2-}). El pH fue de 8.2 la máxima, 7.1 mínima y 7.8 promedio. La conductividad eléctrica de 533 la máxima, 205 mínima y 336 promedio. La CE-RAS la clasifica como C1-S1 y C2-S1. El agua se considera apta para uso agrícola. El incremento en la concentración iónica ocurre en la ciudad de Tepic y tiene su punto más alto en La Escondida.

Palabras clave
RAS; CSR; Cuenca exorréica

Introducción
El uso principal del río Mololoa es el de riego agrícola, contrario a la subterránea, la cual tiene el principal uso público urbano que representa el 77%, seguido del agrícola (16%) y el industrial (4%) (CONAGUA, 2015).

El río Mololoa a lo largo de su trayectoria recibe descargas de diferentes poblados tales como La Labor, San Leonel, Trigomil, Pantanal, Xalisco y San Cayetano. Sin embargo, la descarga de aguas residuales que más lo afecta es la proveniente de la ciudad de Tepic, ya que a su paso por ésta, el río recibe, principalmente, descargas de tipo residual las cuales son parcial y deficientemente tratadas (Jáuregui-Medina *et al*., 2007). Rodríguez-Castañeda *et al*. (2008) consideran que también las aguas de retorno utilizadas en la actividad agrícola y pecuaria son también una fuente de contaminación del agua del río.

De acuerdo Jáuregui-Medina *et al*. (2007) utilizando el ICA, a la altura de La Escondida, después de haber recibido la descarga de aguas residuales de la localidad de Tepic, da como resultado un ICA de 36.3, lo que indica un agua contaminada para uso agrícola que requiere tratamiento para la mayoría de los cultivos. Rodríguez-Castañeda *et al*. (2008) señala que el agua del Mololoa fue dotada por decreto presidencial para las unidades de riego de los ejidos de La Escondida, Bellavista, San Andrés, Francisco I. Madero, Atonalisco, El Rincón y la Resolana, utilizándose esta agua en el riego de caña, maíz, frijol, hortalizas y frutales. Esta afirmación es de consideración ya que en la estación La

Escondida existe una represa que deriva el agua hasta estos ejidos por lo que es de esperarse un efecto adverso en la agricultura.

Los índices empleados para esta clasificación de calidad del agua para uso agrícola se basan en la DBO, DQO y STD, por lo que en esta investigación se considera realizar una clasificación de calidad del agua para uso agrícola basada en la concentración iónica y demostrar la modificación de dicha concentración por el aporte de aguas residuales.

Materiales y Métodos

El río Mololoa nace en el manantial de Acuña en San Leonel a una altitud aproximada de 1,182 m y desemboca en el río Grande Santiago a una altitud de 43 m. Tiene una longitud aproximada de 70 km. Se considera una cuenca del tipo exorréica, delimitada por elevaciones de origen volcánico como el volcán San Juan, Coatepec, Tepetiltic, Sangangüey, Las Navajas y la Caldera de Tepic, que en conjunto delimitan el centro de la cuenca del Valle de Matatipac.

La cuenca del Mololoa, de acuerdo a Avalos *et al*. (2015) se ubica en la parte central del estado de Nayarit, entre las coordenadas geográficas 21° 43' 26" Latitud Norte, 104° 56' 46" Longitud Oeste y 21° 16' 12" Latitud Norte, 104° 43' 06" Longitud Oeste. Cuenta con una superficie de 56 937 ha.
La precipitación media en la zona del Valle de Matatipac es de 1182 mm año^{-1}. Los periodos de lluvias se presentan durante los meses de junio a octubre, con precipitaciones mayores a los 50 mm y un promedio anual de 1,186 mm, siendo julio el mes con mayor precipitación con 353 mm y el estiaje se observa en el mes de abril con un promedio de 2.2 mm. La evaporación potencial anual varía entre 1,008 y 1,678 mm con una media anual de 1,336 mm.

En el área de estudio afloran principalmente rocas ígneas (extrusivas e intrusivas) del Terciario, siguiendo en orden de importancia los depósitos aluviales, palustres y litorales de edad cuaternaria (CONAGUA, 2015).

Se establecieron 13 estaciones de muestreo a lo largo del cauce del río Mololoa, considerando los puntos que permitan identificar las modificaciones a la concentración iónica (Cuadro 1). La toma de muestras se realizó con base a la NMX-AA-034-SCFI-2001. Las muestras se tomaron por duplicado y se analizaron por triplicado (Cuadro 2).

Cuadro 1. Ubicación de las estaciones de muestreo del río Mololoa, Nayarit, México.

Estación	Identificación	Latitud N	Longitud O
1	Manantial de Acuña	21°20'35.19"	104°42'50.77"
2	Manantial Higueras	21°24'07.41"	104°47'49.77"
3	Río Mololoa Carr. Trigomil	21°23'57.93"	104°47'50.28"
4	Río Mololoa Calle Zoquite	21°25'17.40"	104°49'27.35"
5	Río Mololoa en Bonaterra	21°27'56.87"	104°51'01.16"
6	Río Mololoa en El Quevedeño	21°29'51.29"	104°52'23.03"
7	Río Mololoa en Av. México	21°30'58.30"	104°53'23.36"
8	Río Mololoa en el Punto	21°32'15.14"	104°53'35.35"
9	Río Mololoa en La Escondida	21°34'32.01"	104°53'55.96"
10	Río Mololoa en El Rincón	21°35'11.40"	104°55'08.63"
11	Río Mololoa en Salazares	21°42'38.89"	104°58'44.36"
12	Río Mololoa confluencia río Santiago	21°43'58.58"	104°58'23.77"
13	Río Santiago confluencia río Mololoa	21°44'05.28"	104°58'20.86"

Cuadro 2. Marchas analíticas utilizadas para la determinación de los parámetros en el agua superficial del río Mololoa.

Determinación	Método	Referencia
pH	Potenciométrico	Eaton *et al*., 1995
Conductividad eléctrica	Conductimetría	Richards, 1990
Calcio y magnesio	Volumetría	Richards, 1990
Sodio y potasio	Flamometría	Greenberg *et al*., 1992
Carbonatos y bicarbonatos	Volumetría	Richards, 1990
Cloruros	Volumetría	Richards, 1990
Sulfatos	Turbidimetría	Eaton *et al*., 1995

Se clasificó el agua de acuerdo a su calidad con base a los índices basados en la concentración iónica y el contenido de sodio.

Concentración iónica

Conductividad eléctrica y pH. Las exigencias de calidad para el agua de riego, a fin de prevenir la salinización de los suelos, se basan en la concentración total de sales solubles, para fines de diagnóstico y clasificación, se puede expresar en términos de conductividad eléctrica y se dividen en cuatro clases: Agua de salinidad baja (C1: < 250 ⇑S cm^{-1}), Agua de salinidad media (C2: 250-750 ⇑S cm^{-1}), Agua de salinidad alta (C3: 750-2250 ⇑S cm^{-1}) y Agua de salinidad muy alta (C4: > 2250 ⇑S cm^{-1}) (Richards, 1990).

Con respecto al pH se clasifica en: Fuertemente ácido < 5.0, Moderadamente ácido 5.1-6.5, Neutro 6.6-7.3, Medianamente alcalino 7.4 a 8.5 y Fuertemente alcalino > 8.5.

Contenido de sodio

Relación de adsorción de sodio (RAS). Con base al contenido de sodio en el agua de riego, se clasifica utilizando la relación de adsorción de sodio (RAS) con respecto a la concentración iónica (CE), mediante el diagrama propuesto por Richards (1990); esta clasificación se basa principalmente en el efecto que tiene el ion sodio adsorbido sobre las condiciones físicas del suelo, es decir, se predice el efecto del sodio del agua de riego, que pasará a formar parte del suelo. Con base al contenido de sodio (RAS) el agua para riego se clasifica en cuatro clases: Agua baja en sodio (S1), Agua media en sodio (S2), Agua alta en sodio (S3) y Agua muy alta en sodio (S4).

$$RAS\ X \frac{C_{Na^{\Gamma}}}{\sqrt{\frac{C_{Ca^{2\Gamma}}\ \Gamma\ C_{Mg^{2\Gamma}}}{2}}}$$

Donde: Na^{+}, Ca^{2+} y Mg^{2+} se refieren a las concentraciones de los cationes solubles expresados en mmolc L^{-1}.

Carbonato de sodio residual. Otra de las consideraciones que Richards (1990) recomienda al evaluar la calidad es la concentración de bicarbonatos con relación a la concentración de calcio más magnesio. En el agua con altas concentraciones de iones bicarbonato existe la tendencia del calcio y del

magnesio a precipitarse en forma de carbonatos, a medida que la solución del suelo se vuelve más concentrada. Eaton (1950) usa el término carbonato de sodio residual (CSR) al referirse a esta reacción. Este índice se calcula con la siguiente fórmula, donde todos los constituyentes iónicos se expresan en mmolc L^{-1}.

$$\text{Carbonato de sodio residual (CSR)} = (CO_3^{2-} + HCO_3^{-}) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

Un agua con valor < 1.25 se clasifica como de buena calidad para uso agrícola, entre 1.25 y 2.5 como condicionada y > 2.5 como no recomendable (Nishanthiny *et al*., 2010). Cuando la diferencia es negativa no existe el problema y el valor de CSR puede suponerse igual a cero. Cuando el valor es positivo indica que Ca y Mg precipitan como carbonatos, existiendo solo sales de sodio en la solución.

Resultados y Discusión

Concentración iónica

Conductividad eléctrica y pH. El río Mololoa inicia en el manantial de Acuña en San Leonel y a su paso se le incorpora el de las Higueras en Trigomil, es agua de buena calidad y de baja concentración iónica (205 ⇑S cm^{-1}) proveniente de la infiltración de las precipitaciones en las grandes faldas de los volcanes Tepeltitic y Sangangüey. En su paso por la ciudad de Tepic recibe agua de tipo residual que incrementa la concentración iónica, como se observa en la estación 6 (410 ⇑S cm^{-1}) y tiene su pico más alto en la estación La Escondida (533 ⇑S cm^{-1}), donde es derivado para el riego de caña, maíz, hortalizas y frutales de los ejidos de La Escondida, Bellavista, San Andrés, Francisco I. Madero, Atonalisco, El Rincón y la Resolana (Figura 1). Aguas abajo en su confluencia con el río Santiago, en el ejido de Vado del Cora (Estación Pany) es utilizado para el riego de maíz y frijol. Can *et al*. (2008) encontraron datos similares en el río Tulancingo en el estado de Hidalgo, donde demuestran que los vertidos de agua residual son los que incrementan la concentración iónica.

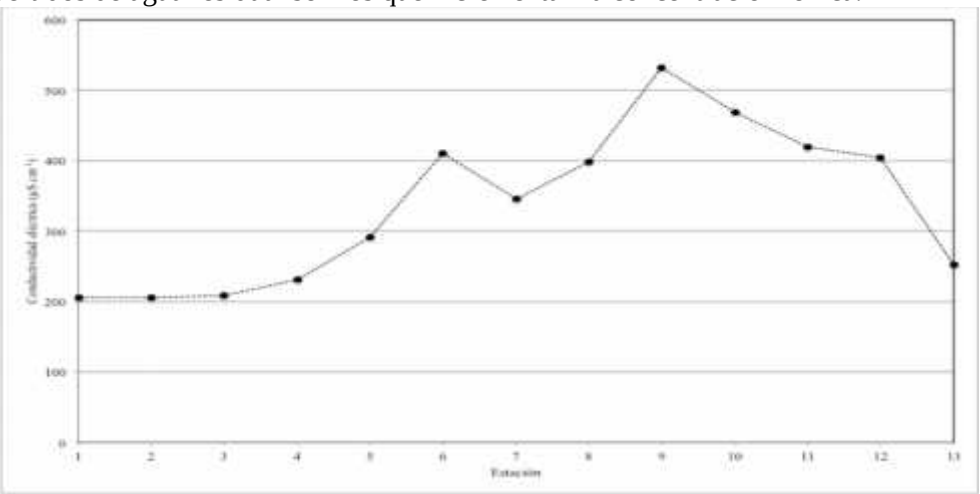


Figura 1. Distribución de la conductividad eléctrica a lo largo del cauce del río Mololoa, Nayarit, México.

Con respecto al pH, el agua se considera medianamente alcalina con un máximo de 8.2, mínimo de 7.1 y promedio de 7.8 (Cuadro 2). Can *et al*. (2011) encontraron datos similares en la zona volcánica de la Cuenca Oriental de Puebla, por lo que se considera que este pH es condicionado por las rocas de la zona volcánica de la cuenca del río Mololoa.

Contenido de sodio

Relación de adsorción de sodio y carbonato de sodio residual. La RAS indica que no existe problema para el uso del agua con base al contenido de sodio, la mayoría se clasifican como S1, agua baja en sodio (Cuadro 2). Los valores del CSR son menores a 1.25 lo que demuestra que no hay problema en el uso del agua en la agricultura.

Cuadro 2. Clasificación de la calidad del agua del río Mololoa, Nayarit, México.

Estación	pH	Clasificación	CE µS cm^{-1}	RAS	Clasificación	Descripción	CSR	Clasificación
1	8.1	Mediamamente alcalino	205	1	C1-S1	Salinidad baja-baja en sodio	0.40	Buena calidad
2	8.1	Mediamamente alcalino	206	1	C1-S1	Salinidad baja-baja en sodio	0.05	Buena calidad
3	8.2	Mediamamente alcalino	209	1	C1-S1	Salinidad baja-baja en sodio	0.20	Buena calidad
4	8.2	Mediamamente alcalino	231	1	C1-S1	Salinidad baja-baja en sodio	0.20	Buena calidad
5	8.1	Mediamamente alcalino	291	2	C2-S1	Salinidad media-baja en sodio	0.15	Buena calidad
6	7.1	Neutro	410	2	C2-S1	Salinidad media-baja en sodio	-0.20	Buena calidad
7	7.5	Mediamamente alcalino	345	2	C2-S1	Salinidad media-baja en sodio	0.15	Buena calidad
8	7.5	Mediamamente alcalino	398	2	C2-S1	Salinidad media-baja en sodio	0.10	Buena calidad
9	7.1	Neutro	533	3	C2-S1	Salinidad media-baja en sodio	0.20	Buena calidad
10	7.6	Mediamamente alcalino	469	4	C2-S1	Salinidad media-baja en sodio	0.00	Buena calidad
11	7.9	Mediamamente alcalino	419	3	C2-S1	Salinidad media-baja en sodio	0.20	Buena calidad
12	8.0	Mediamamente alcalino	404	2	C2-S1	Salinidad media-baja en sodio	0.05	Buena calidad
13	7.7	Mediamamente alcalino	253	2	C2-S1	Salinidad media-baja en sodio	0.45	Buena calidad

Conclusiones

La concentración iónica, RAS y CSR indican que el agua del río Mololoa es apta para uso agrícola. El vertido de aguas residuales incrementa la concentración iónica del agua del río Mololoa.

Referencias

Avalos-Jimenez, A., F. Flores-Vilchez y S. Marceleño-Flores. 2015. Integración del paisaje como propuesta de regionalización. Cuenca río Mololoa. Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias vol 4. No 8. 5 pag.

Can-Chulim, Á., C. Ramírez-Ayala, C., H.M. Ortega-Escobar, C. Trejo-López y J. Cruz-Díaz. 2008. Evaluación de la relación de adsorción de sodio en las aguas del río Tulancingo, estado de Hidalgo, México. Terra Latinoamericana 26(3) No. 3, 2008, pp. 243-252.

Can-Chulim, Á., H.M. Ortega-Escobar, N.E. García-Calderón, A.L. Reyes-Ortigoza, V.A. González-Hernández y D. Flores-Román. 2011. Origen y calidad del agua subterránea en la cuenca Oriental de México. Terra Latinoamericana 29 (2): 189-200.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2015. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Valle de Matatipac (1804), Estado de Nayarit. Diario Oficial de la Federación. 35 p.

Eaton, A.D., L.S. Clesceri and A.E. Greenberg 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th Edition. Washington, USA: APHA, AWWA, WEF.

Eaton, F.M. 1950. Significance of carbonates in irrigation water. Soil Science 69(2): 123-133.

Greenberg, A. E. 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater. 18th edition. APHA, AWWA, WEF. Washington, DC. USA.

Jáuregui-Medina, C., S. Ramírez-Hernández, M.A. Espinosa-Rodríguez, R. Tovar-Rodarte, B. Quintero-Hernández e I. Rodríguez-Castañeda. 2007. Impacto de la descarga de aguas residuales en la calidad del río Mololoa (Nayarit, México) y propuestas de solución. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales, 3 (1): 65-73.

Nishanthiny, S.C., M. Thushyanthy, T. Barathithasan and S. Saravanan. 2010. Irrigation water quality based on hydro chemical analysis, Jaffna, Sri Lanka. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. 7(1): 100-102.

NMX-AA-034-SCFI-2001. Análisis de agua - determinación de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Secretaría de Economía. México, DF. 88 pp.

Richards, L.A. 1990. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos: Manual No. 60. Sexta reimpresión. Departamento de Agricultura de los EE. UU. Laboratorio de Salinidad. Limusa. México, DF.

Rodríguez-Castañeda, I., M. de L. Robledo-Marenco, C. Jáuregui-Medina, B. Quintero-Hernández, S. Ramírez-Hernández,

R. Tovar-Rodarte y M.A. Espinosa-Rodríguez. 2008. Niveles de plaguicidas organoclorados en sedimentos superficiales de un tramo del río Mololoa. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales, 4 (2): 146-154.

CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.) CULTIVADO EN SUSTRATO A BASE DE ARENA DE ARROYO BAJO MALLA SOMBRA

Carballo-Méndez, F. J.[1*], Zamora-Salgado, S.[1], Ruiz-Espinoza, F. H.[1], Beltrán-Morales, F. A.[1], y Rodríguez-Ortiz, J. C.[2]

[1] Departamento Académico de Agronomía, Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S. México.
[2] Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Soledad de G.S., S.L.P. México.

*Autor responsable: ing.fercarballo@gmail.com; Carretera al sur km. 5.5, Col. El Mezquitito, La Paz, Baja California Sur. México. CP 23080.

Resumen
El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento del chile habanero establecido en sustrato a base de arena de arroyo y perlita, cultivado bajo malla sombra. El ensayo se llevó a cabo en el Rancho San Fernando, Municipio de La Paz, Baja California Sur, México. El experimento se desarrolló dentro de una estructura de madera y piso de concreto con un área de 105 m^2, cubierta con malla sombra negra con 50% de sombreo. Se evaluó el crecimiento y producción de la planta mediante cuatro tratamientos: 1) suelo agrícola, 2) arena de arroyo 100%, 3) arena de arroyo 80% + perlita 20% y 4) arena de arroyo 60% + perlita 40%. Las variables cuantificadas fueron: a) diámetro de tallo, b) longitud de tallo, c) masa seca de parte área, d) masa seca de raíz, e) masa seca total, f) numero de frutos, g) peso unitario de frutos y h) producción por planta (primera cosecha). Los tratamientos se establecieron bajo un diseño de bloques al azar con seis repeticiones cada uno, cada repetición consistió de una planta. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias por medio de la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Estadísticamente los tratamientos con perlita resultaron ser superiores en el crecimiento de tallo y raíz.

Palabras clave
Ambiente Protegido, Sustrato, Producción.

Introducción
En la actualidad, el uso de sustratos en la agricultura está muy extendido, especialmente en sistemas de producción en ambiente controlado. La sustitución del suelo por otros materiales obedece a problemas como la presencia de agentes patógenos transmitidos por el suelo y las regulaciones ambientales contra la contaminación de las aguas subterráneas con nitratos y plaguicidas, principalmente. Por otra parte, la necesidad de un uso eficiente de agua y nutrientes han dado origen a la búsqueda de nuevas alternativas de materiales para ser utilizados como sustratos (Lazcano y Domínguez, 2010). Dichos materiales favorecen el crecimiento, desarrollo y rendimiento de cultivos, sin embargo, cada cultivo requerirá sustratos o mezclas especificas de ellos (Cruz-Crespo, 2014).

Existen muchos materiales que se utilizan como sustratos en la agricultura, los más comúnmente usados son: arena, grava, fibra de coco, lana de roca, piedra pómez, tezontle y perlita. Cada material tiene características específicas que afectarán directa o indirectamente el crecimiento y desarrollo de la planta (Ghehsareh *et al*., 2011; Segura-Castruita *et al*., 2011). Cada región cuenta con diversos materiales que se pueden usar para la actividad agrícola. El uso de dichos materiales locales, propicia una reducción de costos y evita la contaminación posterior a su uso (Arcos *et al*., 2012).

Por lo anterior, es recomendable llevar a cabo mezclas de materiales hasta detectar el adecuado balance entre sus características, con el fin de dar a la planta condiciones óptimas para el crecimiento y desarrollo (Cruz-Crespo *et al*., 2010; Olle et al., 2012; Tucuch-Haas et al., 2012). Sumado al uso de sustratos en la producción agrícola actual, la protección de cultivos a condiciones ambientales, principalmente a la radiación y plagas, es una actividad que se ha incrementado en el campo mexicano y sobre todo en cultivos de importancia como lo es el chile. Para lo anterior, el productor utiliza desde invernaderos de diferente nivel de tecnología hasta estructuras elaboradas por ellos mismos, cubiertas con diferentes tipos de mallas, con el propósito de garantizar el mejor desarrollo y crecimiento del cultivo, además de mantener la inocuidad (Rodríguez *et al*., 2013; Moreno *et al*., 2015). El objetivo del presente trabajo fue evaluar el crecimiento y productividad de chile habanero, establecido en sustratos a base de arena de arroyo en un ambiente de protección contra la radiación solar.

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en el rancho San Fernando, Municipio de La Paz, Baja California Sur, México, ubicado en las coordenadas 24º 03' 48'' latitud Norte y 110º 24' 37' longitud Oeste, a una altitud de 36 msnm. El experimento se desarrolló dentro de una estructura de madera y piso de concreto con un área de 105 m^2 (7 m de ancho por 15 m de largo y 4 m de alto), cubierta con malla negra de 50% de sombreo. Se utilizó chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) variedad manzano. El trasplante se realizó el día 9 de abril del 2015, realizándose las mediciones a los 100 días después del trasplante (18 de julio del 2015). Se utilizaron macetas de polietileno de color negro, de ocho litros de capacidad. Se aplicaron 88.8 l litros de agua por planta, con una dosis final de fertilización de 186, 162, 82, 200, 105 y 2 kg ha^{-1} de N, P, K, Ca, Mg y S, respectivamente.

Se evaluó el crecimiento y producción de la planta de chile habanero establecida en cuatro tratamientos; 1) suelo agrícola, 2) arena de arroyo 100%, 3) arena de arroyo 80% + perlita 20% y 4) arena de arroyo 60% + perlita 40%. Las variables cuantificadas fueron: a) diámetro de tallo b) longitud de tallo, c) masa seca de parte área, d) masa seca de raíz, e) masa seca total y f) rendimiento de primera cosecha. Los tratamientos se establecieron bajo un diseño de bloques al azar con seis repeticiones cada uno. Cada repetición consistió en una planta. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias por medio de Tukey ($P \leq 0.05$), en el paquete estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 22.0 (IBM Corp, 2013).

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos muestran diferencias significativas para el diámetro de tallo en la segunda parte del periodo de medición (60 y 80 ddt), siendo el tratamiento cuatro (arena de arroyo 60% + perlita 40%) superior al resto (Figura 1). Sin embargo, al final del ciclo de cultivo, los cuatro tratamientos resultaron estadísticamente iguales.

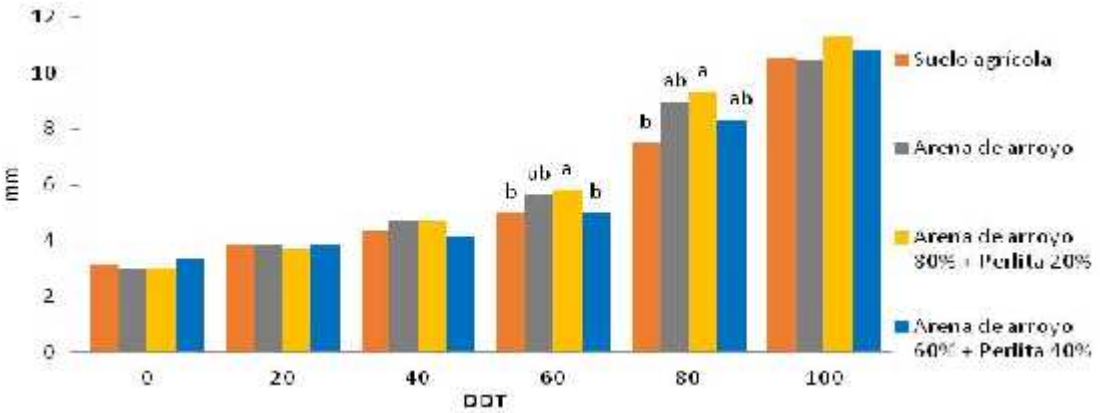


Figura 1. Aumento del diámetro de tallo. DDT: días después de trasplante. Letras distintas en el mismo periodo indican diferencias significativas según la prueba de Tukey (P≤0.05).

Estadísticamente la longitud de tallo principal resultó igual en los cuatro tratamientos. Sin embargo, se observa una mayor longitud en el tratamiento cuatro (arena de arroyo 60% + perlita 40%) alcanzando los 80 cm. Segura-Castruita *et al*., (2011), encontraron una tendencia similar en tomate cultivado en sustrato a base de arena (70%) y material pomáceo (30%) (Figura 2).

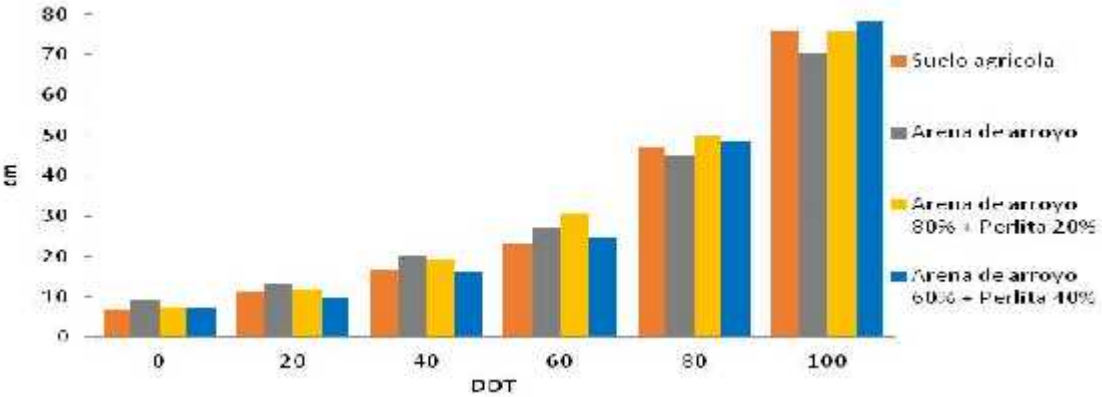


Figura 2. Aumento de la longitud de planta. DDT: días después de trasplante.

Los tratamientos con perlita (tratamiento tres y cuatro), resultaron estadísticamente superiores al suelo y arena de arroyo solo para la variable de materia seca de raíz. A pesar de no ser diferentes estadísticamente, las variables de materia seca aérea y materia seca total, se observa la misma tendencia que la variable de materia seca de raíz. Lo anterior se atribuye a que la perlita tiene características físicas cercanas a las del sustrato ideal, lo que beneficia una mayor retención de agua que la arena, ya que guarda mucho mejores relaciones aire/agua (Quintero *et al*., 2011).

Los tratamientos diferentes al suelo produjeron más frutos y mayor producción en la primera cosecha, sin embargo, el tratamiento de suelo fue el que produjo frutos de mayor peso (Cuadro 1), lo que coincide con Arcos *et al*., (2012) quienes mencionan que, por las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, se incrementa la calidad unitaria de fruto.

Cuadro 1. Variables de biomasa y producción de chile habanero establecido en cuatro sustratos, en condiciones de malla sombra.

Tratamiento	Biomasa				Producción		
	MSA	MSR		MST	NF	PUF	PP
(unidad de medida)	g	g		g		g	g
Suelo agrícola	25.96	11.91	**b**	30.81	3.33	7.46	23.73
Arena de arroyo	25.69	11.65	**ab**	37.34	11.67	5.77	55.96
Arena de arroyo 80% + Perlita 20%	26.72	15.87	**a**	42.59	8.67	6.69	54.41
Arena de arroyo 60% + Perlita 40%	28.61	18.54	**a**	47.14	9.00	6.13	59.10

MSA: Materia seca aérea, MSR: Materia seca de raíz, MS.: Materia seca total, NF: Numero de frutos, PUF: Peso unitario de frutos, PP: producción por planta. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Conclusiones

Para las condiciones bajo malla sombra (50% sombreo), los sustratos a base de arena de arroyo mezclada con perlita presentan ventajas en el crecimiento radicular de chile habanero, en comparación con el suelo y arena de arroyo. El sustrato a base de arena de arroyo 60% más 40% de perlita, fue en el que se encontró mayor crecimiento del diámetro de tallo. La producción de chile habanero no fue afectada por ninguno de los sustratos.

Se recomienda realizar comparaciones entre mallas con diferentes porcentajes de sombreo, para encontrar los materiales que brinden las condiciones favorables, en cada región, para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Agradecimientos

A las T.A. Consuelo Méndez Garfias e I.A. Kenia Alejandra Zepeda García, del Laboratorio de Suelo y Agua de la Universidad Autónoma de Baja California Sur, por la facilidad brindada para el análisis de muestras.

Referencias

Arcos, M. L., Matu, J. E. P., & Cortez, M. A. M. 2012. Respuesta del chile habanero (Capsicum chinense L. Jacq) al suministro de abono orgánico en Tabasco, México. *Revista Científica UDO Agrícola*, *12*(2): 307-312.

Cruz-Crespo E., M. Sandoval-Villa, V. Volke-Haller, V. Ordaz-Chaparro, J. L. Tirado-Torres y J. Sánchez Escudero 2010. Generación de mezclas de sustratos mediante un programa de optimización utilizando variables físicas y químicas. Terra Latinoamericana 28:219-229.

Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, Á., Bugarín-Montoya, R., Pineda-Pineda, J., Flores-Canales, R., Juárez-López, P., & Alejo-Santiago, G. 2014. Concent ración nutrimental foliar y crecimiento de chile serrano en función de la solución nutritiva y el sustrato. *Revista fitotecnia mexicana*, *37*(3): 289-295.

Ghehsareh, A. M., Borji, H., and Jafarpour, M. 2011. Effect of some culture substrates (date-palm peat, cocopeat and perlite) on some growing indices and nutrient elements uptake in greenhouse tomato. African Journal of Microbiology Research, 5(12): 1437-1442.

IBM Corp. Released. 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.

Lazcano, C. and J. Domínguez. 2010. Effects of vermicompost as a potting amendment of two commercially-grown ornamental plant species. Spanish Journal of Agricultural Research 8:1260-1270.

Moreno Reséndez, A., Rodríguez Dimas, N., Reyes Carrillo, J. L., Márquez-Quiroz, C., & Reyes González, J. 2014. Comportamiento del chile Húngaro (Capsicumannuum) en mezclas de vermicompost-arena bajo condiciones protegidas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, *46*(2): 97-111.

Olle, M., Ngouajio, M., & Siomos, A. 2012. Vegetable quality and productivity as influenced by growing medium: a review. *Agriculture*, *99*(4): 399-408.

Rodríguez, H. M., Villalobos, J. A. M., Valle, M. A. V., Talavera, M. D. C. P., & Castorena, M. M. V. 2013. Chile habanero: descripción de su cultivo en la península de yucatán. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, *12*(2): 37-43.

Segura-Castruita, M. Á., Ramírez-Seañez, A. R., García-Legaspi, G., Preciado-Rangel, P., García-Hernández, J. L., Yescas-Coronado, P. & Montemayor-Trejo, J. A. 2011. Desarrollo de plantas de tomate en un sustrato de arena-pómez con tres diferentes frecuencias de riego. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, *17*(1): 25-31.

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

Quintero, C., M.F., González M., C.A. y Guzmán P., J.M. 2011. Sustratos para cultivos hortícolas y flores de corte. En: Flórez R., V.J. (Ed.). Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo. Bogotá: Editorial Universidad Nacional de Colombia. pp. 79-108.

INFLUENCIA DE SALINIDAD Y SILICIO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA DE *Moringa oleífera* LAM.

Carballo-Méndez, F. J.[1]; Olivares-Sáenz, E. [2*]; Vázquez-Alvarado, R. E.[2]; Zavala-García, F.[2]; Bolivar-Duarte, M.[3]

[1] Estudiante de Doctorado en Ciencias Agrícolas, Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, Gral. Escobedo, Nuevo León.
[2] Profesor-Investigador, Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, General Escobedo, Nuevo León.
[3] Profesor-Investigador, Departamento de Riego y Drenaje, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila.

*Autor responsable: emolivares@gmail.com; Av. Francisco Villa S/N, col. Ex Hacienda El Canadá, General Escobedo, Nuevo León, México, 66450.

Resumen
El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la salinidad, el silicio y la interacción entre ambos, llevado a cabo en el Centro de Agricultura Protegida de la Facultad de Agronomía, Campus Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicada en el municipio de General Escobedo, N. L. El experimento consistió en 9 tratamientos, tres niveles de conductividad eléctrica, 2.5, 6 y 9.5 $dSm^{-}1$ (ajustada con cloruro de sodio) y tres niveles de silicio 0, 50 y 100 ppm (mediante la aplicación de silicato de potasio). El ensayo se estableció en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3^2 y tres repeticiones por tratamiento La variedad utilizada fue vaina larga. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de emergencia, altura de planta, diámetro de tallo, longitud de raíz, numero de hojas y área foliar. Las variables se analizaron mediante un análisis de varianza utilizando el paquete estadístico Statistical Package for the Social Sciences versión 22.0, y una prueba de polinomios ortogonales en el Paquete de Diseños Experimentales de la FAUANL. Los resultados mostraron un impacto negativo del aumento de salinidad en la emergencia y crecimiento de la planta, mientras que el silicio aumenta la zona aérea, además, beneficia la emergencia cuando se incrementa la salinidad.

Palabras clave
Emergencia, Crecimiento, Sustrato.

Introducción
La salinidad de suelo y agua es un problema que afecta a la humanidad desde el inicio de la agricultura. Aproximadamente, en el mundo, más del 7% de suelo y más del 20% de las áreas disponibles para la actividad agrícola son afectadas por la salinidad, siendo las zonas áridas y semiáridas las más perturbadas (Rasool *et al*., 2013). El término salinidad se refiere a la presencia en el suelo de una elevada concentración de sales, que perjudican a las plantas por su efecto tóxico y la disminución del potencial osmótico del suelo (Lamz y González, 2013). El estrés por sal tiene un efecto negativo en el crecimiento, en la actividad fisiológica y bioquímica de la planta (Yin *et al*., 2013; Hussein y Abou-Baker, 2014).

El silicio (Si) es uno de los elementos más abundantes en la naturaleza. Debido a su fuerte afinidad con el oxígeno, se encuentra en la naturaleza como sílice (SiO_2) o silicatos que se enlazan químicamente con diversos metales. Es considerado un elemento no esencial, pero se ha establecido como un elemento benéfico y/o esencial solo para algunos grupos de plantas (Pontigo *et al*., 2015; Savvas y Ntatsi, 2015). El Si tiene un efecto de mejora en la planta sometida a estrés, tanto biótico como abiótico, ya que genera un aumento significante en el crecimiento y desarrollo, lo que sugiere un uso potencial en la agricultura (Ghoohestani *et al*., 2012; Guntzer *et al*., 2012). Dentro de los estreses abióticos, donde se han encontrado efectos positivos del Si, están el estrés salino, toxicidad por metales pesados, sequía y radiación (Balakhnina y Borkowska, 2013; Li *et al*., 2015).

La moringa *(Moringa oleífera* Lam.*)* es la más propagada de las especies conocidas de la familia Moringaceae. Su origen se localiza en la India y su explotación se ha extendido a la mayoría de los países tropicales de África, Asia y América. Entre los numerosos usos se encuentra en alimentos, medicamentos, forraje y biodiesel. Por lo anterior, esta planta es considerada como un cultivo de importancia mundial (Goss, 2012). En etapa de plántula, es considerada como sensible a la salinidad (Elhag y Abdalla, 2012; Hussien, 2012).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la salinidad, el silicio y la interacción entre ellos, en la emergencia y crecimiento de plántulas de moringa.

Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en el Centro de Agricultura Protegida de la Facultad de Agronomía, Campus Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicada en el municipio de General Escobedo, N. L., en las coordenadas 25°45' latitud N y 100°17' longitud O, a una altitud de 427 msnm. El ensayo se estableció el 2 de julio del 2016 y se utilizaron charolas de propagación de poliestireno de 200 cavidades y turba como sustrato, utilizándose moringa variedad vaina larga (Centro de Agricultura Protegida de la FA-UANL). El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con arreglo factorial 3^2 y tres repeticiones por tratamiento. La unidad experimental consistió de 35 semillas de las cuales 15 se consideraron como parcela útil. Se utilizó la solución Hoagland al 50%, preparada con fertilizantes comerciales, con un pH ajustado a un rango entre 5.8 y 6.0, utilizando para ello ácido sulfúrico. Se ajustaron tres niveles de C.E., 2.5, 6 y 9.5 dSm^{-1}, con cloruro de sodio (NaCl). De igual manera se aplicaron tres niveles de Si, mediante la aplicación de silicato de potasio (K_2SiO_3) (Sulpa Silica®). En el Cuadro 1 se muestran las especificaciones de los tratamientos.

Las variables evaluadas fueron: porcentaje de emergencia, altura de planta, diámetro de tallo, longitud de raíz, numero de hojas y área foliar. Para el análisis de porcentaje se realizó una transformación de arco-seno. Con los datos transformados y las variables con distribución normal se realizaron análisis de varianza, utilizando el paquete estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 22.0 (IBM Corp, 2013), en las variables donde se encontró diferencia significativa, se realizó una prueba de polinomios ortogonales con el Paquete de Diseños Experimentales de la FAUANL (Olivares, 2015).

Cuadro 1. Especificación de tratamientos, la C.E. medida en dSm^{-1} y el Si medido en ppm.

Tratamiento	C.E.	Si
T1	2.5	0
T2	2.5	50
T3	2.5	100
T4	6.0	0
T5	6.0	50
T6	6.0	100
T7	9.5	0
T8	9.5	50
T9	9.5	100

Resultados y Discusión

Los análisis de varianza y de polinomios ortogonales mostraron que la salinidad tuvo un efecto lineal negativo en la germinación, encontrando que a medida que se incrementó la conductividad eléctrica de la solución nutritiva, disminuyeron los valores relacionados con la emergencia de las plántulas (Figura 1). De igual manera mostró un efecto cuadrático, lo que indica un mayor decremento después del nivel de salinidad de 6 dSm^{-1}. Los resultados siguieron la misma tendencia que los reportados por Elhag y Abdalla (2012) y Hussein y Abou-Baker (2014).

El crecimiento de la plántula fue significativamente afectado por la salinidad de 6 dSm^{-1}, reduciéndose en 49% la altura de planta, 8% el diámetro de tallo, 13% la longitud de la raíz, 46% el número de hojas y 80% el área foliar (Cuadro 2). Elhag y Abdalla (2012), encontraron una reducción significativa en los parámetros de biomasa a partir de los 4 dSm^{-1}.

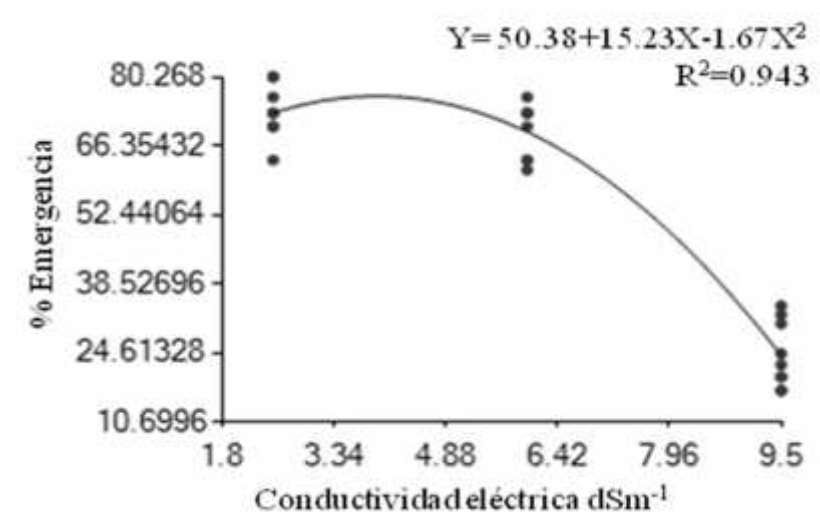


Figura 1. Efecto de la salinidad en la emergencia de *Moringa oleifera* Lam.

Cuadro 2. Efecto de la salinidad en el crecimiento de plántula de *Moringa oleifera* Lam.

dSm^{-1}	AP	DT	LR	NH	AF
2.5	17.891	3.167	7.114	6.378	34.525
6.0	9.059	2.943	6.155	3.444	6.811
ANAVA	**	**	*	**	**

AP: altura de planta, DT: diámetro de tallo, LR: longitud de raíz, NH: número de hojas, AF: área foliar.

La aplicación de silicio no mostró efectos en el porcentaje de germinación. Sin embargo, el numero de hojas y área foliar fueron incrementadas por la presencia de silicio (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto del silicio en el crecimiento de plántula de *Moringa oleifera* Lam.

ppm	%E	AP	DT	LR	NH	AF
0	66.67%	12.713	3.023	6.891	4.2	15.517
50	63.49%	13.843	3.01	6.34	5.3	22.249
100	66.03%	13.87	3.132	6.673	5.23	24.238
Lineal	NS	NS	NS	NS	**	*
Cuadrático	NS	NS	NS	NS	*	NS

%E: porcentaje de emergencia, AP: altura de planta, DT: diámetro de tallo, LR: longitud de raíz, NH: número de hojas, AF: área foliar.

La interacción entre la salinidad y el silicio mostró un efecto significativo, en el nivel bajo de salinidad el porcentaje de emergencia disminuyó a medida que se incrementó el nivel de Si, mientras que en los niveles medio y alto de salinidad el efecto fue contrario (Figura 3). Haghighi y Pessarakli (2013), publicaron datos con la misma tendencia para el cultivo de tomate.

Cuadro 4. Efecto de la interacción salinidad-silicio en la emergencia de plántula de *Moringa oleifera* Lam.

ppm	dSm^{-1}	%E	dSm^{-1}	%E	dSm^{-1}	%E
0	2.5	96.19%	6.0	84.76%	9.5	13.33%
50		90.48%		92.38%		18.10%
100		85.71%		86.67%		20.95%
Lineal		**		**		*
Cuadrático		NS		**		NS

%E: porcentaje de emergencia.

Conclusiones

Una conductividad eléctrica de 6 dSm^{-1} tiene un efecto negativo en la germinación y crecimiento de la plántula de moringa. El silicio tiene un efecto positivo en el crecimiento de la parte aérea de la planta (numero de hojas y área foliar). Las plantas sometidas a salinidad y fertirrigadas con silicio,

mostraron un incremento en el porcentaje de emergencia, cuando se incrementó la salinidad de la solución nutritiva.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México por los apoyos otorgados a través de la beca para estudios de Posgrado, a la Subdirección de Posgrado e Investigación y al Centro de Agricultura Protegida, ambos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, por el apoyo brindado y la facilidad para desarrollar dicho trabajo. De igual manera a la empresa Agrichem® México por facilitarnos el producto.

Referencias

Balakhnina, T. & Borkowska, A. (2013). Effects of silicon on plant resistance to environmental stresses: review. *International Agrophysics*, *27*(2): 225-232.

Elhag, A. Z., & Abdalla, M. H. (2012). Effect of sodium chloride on germination and emergence of moringa (Moringa oleifera L.) seeds. *J. Sci. Technol*, *13*(2), 62-67.

Ghoohestani, A., Gheisary, H., Zahedi, S. M., & Dolatkhahi, A. (2012). Effect of seed priming of tomato with salicylic acid, ascorbic acid and hydrogen peroxideon germination and plantlet growth in saline conditions. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, *3*(Special Issue), 700-704.

Goss, M. (2012). A study of the initial establishment of multi-purpose moringa (Moringa oleifera Lam) at various plant densities, their effect on biomass accumulation and leaf yield when grown as vegetable. *African Journal of Plant Science*, *6*(3), 125-129.

Guntzer, F., Keller, C., & Meunier, J. D. (2012). Benefits of plant silicon for crops: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, *32*(1), 201-213.

Haghighi, M., & Pessarakli, M. (2013). Influence of silicon and nano-silicon on salinity tolerance of cherry tomatoes (Solanum lycopersicum L.) at early growth stage. *Scientia Horticulturae*, *161*, 111-117.

Hussein, M. M., & Abou-Baker, N. H. (2014). Growth and mineral status of moringa plants as affected by silicate and salicylic acid under salt stress. *Int J Plants Soil Sci*, *3*, 63-177.

IBM Corp. Released. (2013). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.

ISTA (2016). International Rules for Seed Testing. Vol. 2016, Chapter 2, i–2-40 (46).

Lamz Piedra, A., & González Cepero, M. C. (2013). La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. *Cultivos Tropicales*, *34*(4), 31-42.

Li, H., Zhu, Y., Hu, Y., Han, W., & Gong, H. (2015). Beneficial effects of silicon in alleviating salinity stress of tomato seedlings grown under sand culture. *Acta Physiologiae Plantarum*, *37*(4), 1-9.

Olivares, S.E. 2015. Paquete de diseños experimentales. Versión 1.6. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. General Escobedo, Nuevo León, México.

Pontigo, S., Ribera, A., Gianfreda, L., de la Luz Mora, M., Nikolic, M., & Cartes, P. (2015). Silicon in vascular plants: uptake, transport and its influence on mineral stress under acidic conditions. *Planta*, *242*(1), 23-37.

Rasool S, Hameed A, Azooz MM, Muneeb-u-Rehman, Siddiqi TO, Parvaiz Ahmad P (2013). Salt stress: causes, types and responses of plants. In: Ahmad P, Azooz MM, Prasad MNV (eds) Ecophysiology and responses of plants under salt stress. Springer, New York, pp 1–24.

Savvas, D., & Ntatsi, G. (2015). Biostimulant activity of silicon in horticulture. *Scientia Horticulturae*, *196*, 66-81.

Yin, L., Wang, S., Li, J., Tanaka, K., & Oka, M. (2013). Application of silicon improves salt tolerance through ameliorating osmotic and ionic stresses in the seedling of Sorghum bicolor. *Acta physiologiae plantarum*, *35*(11), 3099-3107.

DETECCIÓN DE ENFERMEDADES FÚNGICAS EN PINOS DE LA SIERRA NORTE DE PUEBLA

Carcaño-Montiel, M.G.[1*]; López-Reyes, L.[1*]; Rivera-Sosa, M.J.[1]; Portillo-Manzano, E.[1]; Vázquez-Cruz, C.[2]; Sánchez-Alonso, P.[2], Carrillo-Fonseca, J.C.[3]

[1]Laboratorio de Microbiología de Suelos, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.
[2]Laboratorio de Bioquímica y Genética Microbiana, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.
[3]Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Delegación Puebla, México.

*Autor responsable: moises.carcano@correo.buap.mx; Edificio IC11, Ciudad Universitaria, Colonia San Manuel, Puebla, Puebla, México. CP 72570; Tel. +52(222) 2295500 ext. 2548.

Resumen
La Sierra Norte de Puebla y sus bosques son de suma importancia en la economía de los habitantes de municipios y localidades aledañas, ellos contribuyen en la mejora de la calidad de vida local, regional y global. Se seleccionaron acículas de pino con síntomas de enfermedad de las especies *Pinus patula* y *P. pseudostrobus* procedentes de la Sierra Norte de Puebla, México. El objetivo fue estudiar los hongos asociados a las acículas de las plantas de pino enfermas para identificarlas y proponer una alternativa biotecnológica bacteriana para su control en condiciones de laboratorio e invernadero. Se encontró que existen diferentes hongos asociados a *P. patula* y *P. pseudostrobus* de los cuales *Diplodia* sp. es el hongo más frecuente e importante en la enfermedad de pinos de la Sierra de Puebla. Además, se pudo demostrar su inhibición en medio de cultivo por el 45% de las bacterias ensayadas. Los resultados sugieren el uso de bacterias de bosque como mecanismo de control de las enfermedades fúngicas en *Pinus* sp.

Palabras clave
Hongos; *Pinus patula*; *Pinus pseudostrobus.*

Introducción
Las áreas forestales que están cubiertas por bosques, selvas, matorrales xerófilos, pastizales, vegetación hidrófila, áreas con otros tipos de vegetación y áreas sin vegetación aparente, comprenden más de dos tercios del territorio terrestre del país. El 60% de las áreas terrestres de México están cubiertas por bosques y selvas, el 11% por otras áreas silvestres (Chapela *et al*., 2012). En México, los pinos tienen gran importancia ecológica, económica y social. A menudo son el componente dominante de la vegetación, influyen en los procesos funcionales del ecosistema tales como los ciclos biogeoquímicos, hidrológicos, los regímenes de fuego, y son hábitat y fuente de alimento para la fauna silvestre. Tienen un alto valor económico, ya que son fuente de madera, leña, pulpa, resinas, semillas comestibles y otros productos. Además, los pinos ofrecen importantes servicios ambientales (agua, oxígeno, recreación, captura de carbono) e influyen en el clima regional (García y González, 2003; Ramírez-Herrera *et al.*, 2005). La biodiversidad es una característica de los bosques de Puebla y los altos niveles de diversidad genética son fundamentales para la adaptación de las especies a cambios ambientales drásticos. Dentro de las especies maderables, las coníferas forman masas arbóreas puras o en asociación con especies de los géneros *Quercus* y *Alnus* en gran parte del área montañosa del estado de Puebla. De las 54 especies del género *Pinus* reportadas en México, 17 crecen

en el Estado, siendo comunes los bosques dominados por *Pinus patula* en el norte (Ramírez y Villareal, 2011). El manejo forestal contempla la minimización de impactos en el recurso forestal y en otros recursos como el agua, minerales y fauna silvestre; también propicia el mejoramiento del bosque, su crecimiento y desarrollo, sin estar exento de la aparición de contingencias derivando impactos en el ecosistema como: erosión, incendios forestales, pastoreo excesivo, extracción de madera, plagas y enfermedades. Los organismos patógenos constituyen un componente importante en los ecosistemas forestales. Un gran número de ellos no causan daños severos, pero otros producen pérdidas significativas; entre los patógenos asociados a las semillas, viveros, plantaciones y madera se incluyen a las bacterias, virus y hongos. Estos últimos son los más frecuentes y de mayor importancia para las especies forestales (Guerra *et al.*, 2004).

Como antecedentes, durante el desarrollo de este trabajo se ha demostrado que los daños visibles en el 93% de los arboles *Pinus* y *Quercus*, fueron causados por patógenos fúngicos, encontrando que las enfermedades más frecuentes en *Pinus* son tizónes foliares y las royas de las acículas (García *et al.*, 2012).

Materiales y Métodos

Se colectaron acículas de pino de las especies *Pinus patula* y *P. pseudostrobus* con síntomas de enfermedad, procedentes de la Sierra Norte de Puebla, México. Localizadas en los municipios de Zacatlán (19° 53´ 43.71´´N) (97° 54´ 20.1¨ O), Amixtlan (20° 04´ 36.3¨ N) (97° 47´26.1´´O) y Aquixtla (19° 47´ 15.8¨ N) (97° 52´3.5¨ O). Las acículas con presencia de daños se colocaron en cámara húmeda a 30 °C hasta la aparición de desarrollo fúngico, el micelio desarrollado, se sembró en medio de cultivo agar papa y dextrosa. Se realizaron resiembras de cada uno de los hongos asociados a las lesiones hasta su purificación y conservación.

Se ensayó el antagonismo de 22 bacterias procedentes de suelo de bosque de las cuales, nueve fueron seleccionadas por su actividad quitinolítica contra ocho hongos representativos de daño en acículas de pino. Los ensayos se realizaron en agar de infusión de papa. Las bacterias se propagaron en caldo soya tripticaseína por 24 h a 30 °C hasta tener una población de 10^8 UFC mL^{-1}. El método usado consistió en la inhibición del crecimiento radial del hongo que se determinó con el registro del diámetro del crecimiento radial del hongo, en presencia de las bacterias antagonistas, y como control se sembró el hongo en ausencia de bacterias. Las bacterias más eficientes se identificaron mediante el sistema API de Biomerieux^R.

Los hongos se identificaron mediante la técnica de microcultivo, tomando en cuenta sus características morfológicas. Posteriormente, los hongos más frecuentes encontrados en las lesiones, se procesaron para la extracción de DNA y PCR. Para ello se propagó a los hongos en 30 mL de medio líquido por 24 h de incubación a 32 °C. La suspensión fúngica se centrifugó a 10000 rpm para sedimentar las células, se congelaron con nitrógeno líquido y se molieron en mortero para liberar el DNA. Las muestras se resuspendieron con buffer de lisis. Se les adicionó fenol saturado en Tris 50mM a pH=8. Se les agregó acetato de potasio y se separó la fase acuosa. Se extrajo la fase acuosa con cloroformo por dos ocasiones. El DNA se precipitó con dos volúmenes de etanol frio a -20 °C durante 2 h. Se centrifugaron a 12000 rpm por 10 min, el sobrenadante se descartó y el paquete celular se resuspendió en agua destilada estéril. A las muestras se les agregó RNAsa y se sometieron a electroforesis en geles de agarosa. Se tiñeron con BET. Las muestras se diluyeron para trabajar con 50 a 100 mg de DNA para la reacción de PCR. Los productos fueron purificados con un sistema

amicon y se secuenciaron por el método de Sanger. Las secuencias obtenidas fueron analizadas por medio de Blastn y Blastx para determinar su identidad con la base de datos de GenBank.
Se realizaron ensayos en plantas de pino en condiciones de invernadero dónde se incluyeron a *P. patula* y *P. pseudostrobus* de 20 cm de altura, las cuales se trasplantaron en un sustrato de crecimiento compuesto de Peat moss:suelo:composta:perlita:vermiculita:hojarasca (2.5:50:20:15:2.5:10). Manteniendo la humedad con agua destilada y a una temperatura promedio de 30°C. Se inocularon los hongos y bacterias antagonistas en 13 tratamientos, que incluyeron bacterias antagónicas y hongos patógenos (solos y combinados) y un control sin inocular, y con cinco repeticiones cada uno, evaluando a los seis meses daños foliares desde decoloración de acículas y manchas oscuras.

Resultados y Discusión

Los síntomas de la enfermedad en las acículas de *P. patula* consistieron en caída de la acícula posterior a la decoloración (Figura 1a). Al colocar las acículas en cámara húmeda se generó el desarrollo de micelio (Figura 1b). Se observó crecimiento fúngico en PDA de color blanco, con posterior pigmentación negra (Figura 1c) característica típica de *Diplodia* sp.

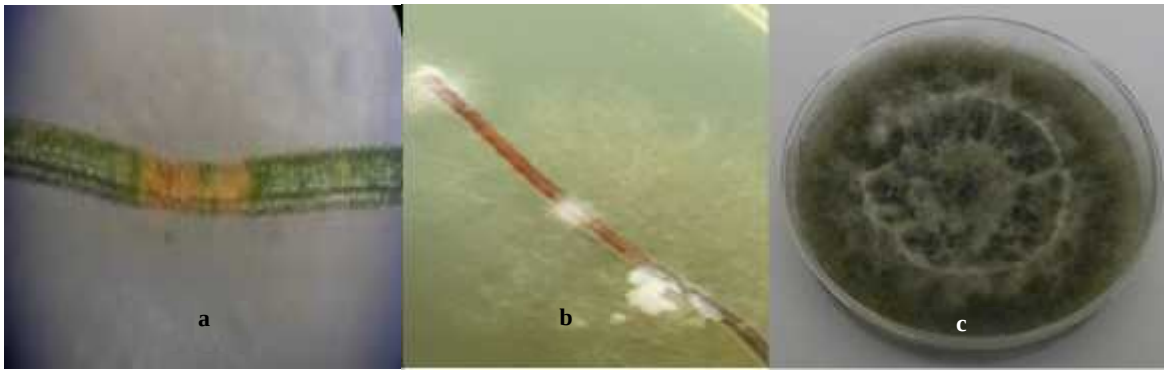


Figura 1. Características de la enfermedad en: a) Acículas de *P. patula* con lesión, b) Acículas con crecimiento fúngico, c) Hongo aislados de acículas de *P. patula.*

Cuadro 1. Identificación molecular de hongos asociados a enfermedades de *P. patula* y *P. pseudostrobus* de la Sierra Norte de Puebla.

Planta	Municipio de Puebla, México	Clave	Género	Identificación %
P. patula	Amixtlán	PpAm3	*Colletotrichum*	99
P. patula	Amixtlán	PpAm5	*Diplodia* sp.	98
P. patula	Aquixtla	PpAq3	*Diplodia* sp.	99
P. patula	Aquixtla	PpAq8	*Hypocreales* sp.	98
P. patula	Zacatlán	PpZa6	*Alternaria* sp.	99
P. patula	Zacatlán	PpZa3	*Penicillium* sp.	98
P. pseudostrobus	Zacatlán	PpsZa1	*Diplodia* sp.	99
P. pseudostrobus	Zacatlán	PpsZa2	*Biscogniauxia mediterranium*	99

Se aislaron 26 hongos diferentes asociados a pinos de los cuales 21 proceden de *P. patula* y 5 de *P. pseudostrobus* a partir de acículas infectadas. Se detectaron diferentes especies fúngicas asociadas a pino, dentro de las que se encuentran especies saprofitas y patógenas. Se identificaron molecularmente seis hongos de *P. patula* y dos hongos de *P. pseudostrobus* representativos y

presentes en las lesiones de acículas de pino, lugar dónde se han encontrado desarrollando diferentes especies causantes de la caída foliar y muerte de árboles (Lilja *et al.*, 2010). Los hongos más frecuentes asociados a la enfermedad de los pinos fueron *Diplodia* sp., ya que se encontró en arboles de los bosques de Aquixtla, Amixtlan y Zacatlan infectando a *P. patula* y *P pseudostrobus*. Además, se encontró a otros géneros patógenos como *Colletotrichum, Hypocreales, Alternaria, Penicillium y Biscogniauxia*. Todos los hongos asociados a las acículas de pino son considerados como especies patógenas, aunque es importante resaltar la mayor incidencia de *Diplodia* sp., ya que se considera como un patógeno que causa enfermedades graves en coníferas (Cram *et al.*, 2012).

Se detectó que, de las 22 bacterias aisladas de bosque, el 41% mostró actividad quitinolítica mismas que produjeron la inhibición de los hongos asociados a las acículas de pino, lo que puede estar involucrado en los mecanismos de inhibición de hongos patógenos (Ramírez y Kloepper, 2012). Las bacterias identificadas y más eficientes fueron *Burkholderia cepacia* (P3S-B) y *Aeromonas* sp. (P1R-D), procedentes de bosque, y se utilizaron en los ensayos en plantas de pino. Los hongos de los géneros *Colletotrichum* sp. (PpAm3) y *Diplodia* sp. (PpAm5) provenientes de *Pinus patula* del Municipio de Amixtlan se utilizaron para el ensayo de antagonismo. La evaluación mostró que los hongos fitopatógenos disminuyen su crecimiento en presencia de las bacterias antagonistas. Las enfermedades por hongos son de gran interés ya que por ejemplo *Diplodia* es un patógeno que causa efectos adversos en las plantas. (Cram *et al.*, 2012).

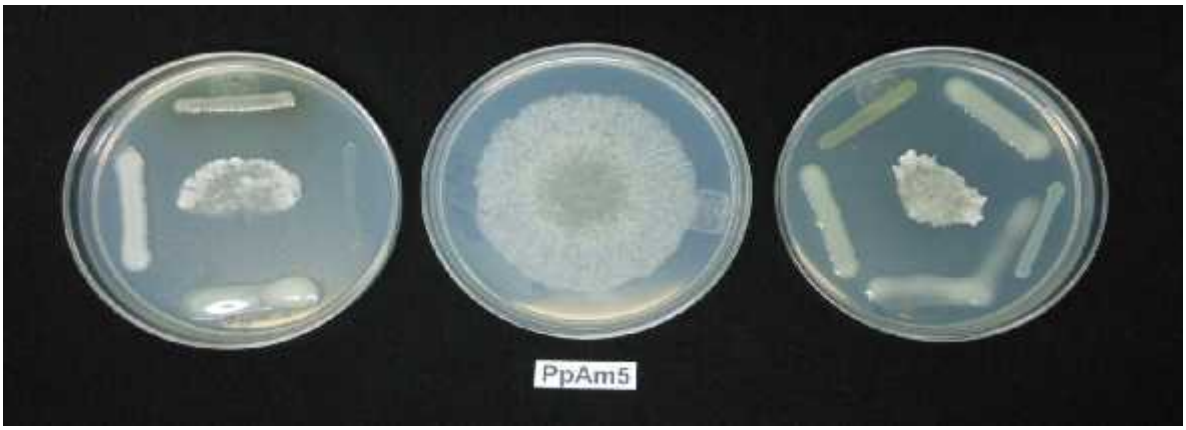


Figura 2. Ensayo de antagonismo entre bacterias aisladas de pino y *Diplodia* sp. proveniente de *P. patula* de Amixtlan, Puebla, México.

En las pruebas de antagonismo bacteria-hongo aplicada en invernadero, se observaron acículas dañadas con presencia de manchas de color café, amarillas y negras en ambas especies de pino. El mejor efecto antagónico por parte de las bacterias *Aeromonas* sp. y *Burkholderia cepacia* se presentó contra *Colletotrichum*, ya que contra *Diplodia* los resultados demuestran una mayor resistencia de la enfermedad. Los datos sugieren ampliar las investigaciones encaminadas a una selección más rigurosa de las bacterias antagónicas y su efectividad en planta.

Conclusiones

Las enfermedades de pino en la Sierra Norte de Puebla están asociadas con hongos patógenos y saprofitos. Sin embargo, en el mismo ecosistema pueden encontrarse bacterias que son antagónicas a éstos hongos y pudieran ser aplicadas para el control biológico de los hongos. Se sugiere controlar

las enfermedades de pino mediante la selección de bacterias antagonistas hacia hongos patógenos de pino en ensayos de laboratorio e invernadero.

Agradecimientos

Se agradece a la VIEP-BUAP por el apoyo al proyecto "Control biológico con ayuda de bacterias aisladas de bosque de coníferas, contra *Lophodermium* sp. causante de enfermedad en cinco especies de pino en la Sierra Norte y Nororiental de Puebla" y a la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) delegación Puebla, por el apoyo en el muestreo de acículas y la donación de las plantas de pino. Al proyecto "Identificación y caracterización de microorganismos de interés agrobiotecnológico" de la Red Modelos Microbianos de Importancia agrobiotecnológica de la DGESU-SEP-PRODEP 2015-2016.

Referencias

Chapela, F., R.A. Pedraza, R. Álvarez, A. Hoyos, I. Trejo, J.M. Núñez Y. Rodríguez & K. Carrillo. 2012. El estado de los bosques de México. p28-68. En: Chapela (Coord.) Estado de los bosques de México. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible A.C. México.

Cram, M.M., Frank, M.S. & K.M: Mallams. 2012. Forest Nursery Pest. 680: p. 212.

Guerra, C., H. Cruz, I. Vila, A. Duarte, & M. O. López, 2004. Principales hongos que afectan a *Pinus tropicalis* morelet en Cuba. Diagnóstico fitosanitario. 8: 9-12.

García, L.E.C., F.G. Rojas, S.L.T. González, R.J. Granados, E.G. Quiñones. 2012. Evaluación de daños por patógenos fúngicos en "*Pinus*" y "*Quercus*" del Área de Protección de Flora y Fauna" La Primavera" Jalisco, México. Acta Universitaria. *22*: 5-12.

Lilja, A., M. Poteri, R.L. Petäistö, R. Rikala, T. Kurkela & R. Kasanen. 2010. Fungal diseases in forest nurseries in Finland. Silva Fennica. 44: 525-545.

Ramírez, C. y J.W. Kloepper. 2012. Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. En: Hoyos C. L. Enfermedades de plantas: Control biológico. ECOE Ediciones. Universidad Nacional de Colombia. 97-126.

Ramírez-Herrera, C., J.J. Vargas-Hernández & J. López-Upton. 2005. Distribución y conservación de las poblaciones naturales de *Pinus greggii*. Acta Botánica Mexicana 72:1-16.

Ramírez, H. L. & L.R. Villareal. 2011. Especies forestales. 225-226. En: Diversidad de Recursos genéticos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado. México. CONABIO, GE Puebla, BUAP. 440 páginas.

PARÁMETROS DE CALIDAD EN TRIGO (*Triticum durum L.*) PARA PRODUCCIÓN DE SEMILLA

Cárdenas-Salazar, V. A.[1]; Escobosa-García, M. I.[1]; Ceceña-Durán, C.[1]; Román-Calleros, J. A.[1]; Avilés-Marín, S. M.[1]; Núñez-Ramírez, F.[1]; Ruiz-Alvarado, M. C.[1]; Soto-Ortiz, R.[1]; De la Cerda-López, R.[1]

[1]Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, Baja California. México.

[*] victorcardenas@uabc.edu.mx; Av. Joaquín Fernández de Lizardi 1392, Col. Independencia, Mexicali, Baja California. México. CP 21290; Tel. +52 (686) 1198103.

Resumen

El proyecto se realizó en el lote 85 del Ejido Monterrey con la participación y apoyo de un agricultor cooperante. El cultivo a evaluar es trigo variedad Cirno C 2008, categoría registrada certificada por el SNICS. Los tratamientos fueron 3 densidades de siembra, 100 kg/ha (tratamiento 1), 150 kg/ha (tratamiento 2) y 200 kg/ha (tratamiento 3). El diseño fue completamente al azar con cuatro repeticiones. El manejo agronómico fue el recomendado por el técnico del productor. La fecha de siembra fue el 9 de diciembre de 2015, la fecha de cosecha fue el 18 de mayo de 2016. La textura del suelo fue franco arcillo-limoso. Las variables evaluadas fueron: número de plantas por m^2 y rendimiento de grano en kg/ha. En lo relativo a: número de plantas por metro cuadrado, el tratamiento 3 fue superior a los demás con 555 planta, seguido del tratamiento 2 con 524 plantas y el tratamiento 1 dio un promedio de 452 plantas. Para la variable: rendimiento, el mejor tratamiento fue el de 100 kg/ha con un promedio de 10299 kg, seguido del tratamiento de 150 kg/ha que obtuvo un promedio de 9852 kg y finalmente el tratamiento de 200 kg/ha produjo un promedio de 8921 kg. Los resultados estadísticos indicaron que si hubo diferencias entre los tratamientos.

Palabras clave

Trigo; densidades; rendimiento.

Introducción

La problemática consiste en que los productores argumentan que el rendimiento del trigo, cuando se siembra para semilla, no es igual a cuando se siembra para grano, debido a que para semilla se tiene que sembrar una densidad de 100 kg/ha y para grano se pueden sembrar hasta 200 kg/ha. Por lo que después del amacolle, el número de plantas por hectárea es mayor en la siembra para grano, y por lo tanto el rendimiento es mayor y también la rentabilidad de esta siembra, aun considerando el 20% de sobreprecio que las empresas que acopian la semilla ofrece al productor. Aunado a lo anterior, los productores que siembran para semilla deben de cumplir con las especificaciones que indica el SNICS para dichos productores. La justificación del presente trabajo es que se podrá establecer cuál es la relación de calidad y rendimiento del grano de trigo, obtenido en tres densidades de siembra. En caso de haber más del 20% de diferencia en producción entre las diferentes densidades, permitirá que los productores tengan bases científicas para solicitar un diferencial que les permita obtener beneficios similares al resto de los productores que siembran para grano. Esto es importante ya que de seguir la tendencia actual serán muy pocos los productores de semilla, y las empresas se verán en la necesidad de sembrar trigo de los almacenes de grano con respectiva baja de calidad de futuras cosechas.

En los últimos años, la siembra para producción de semilla ha disminuido en la elección por los productores, debido a que se tiene que realizar un manejo diferente a la producción de grano. Entre algunas prácticas a realizar están: tener un control estricto de la densidad de siembra, limpieza del predio, control de maleza y que la sembradora este completamente limpia de semillas de otras variedades (lo que también aplica a la trilladora y a los camiones que transportarán la cosecha hasta el centro receptor de dicha semilla), por lo que prefieren sembrar para grano, ya que no son tan supervisados en su manejo del cultivo.

Como es sabido por todos los productores de trigo, este cultivo produce hijuelos en sus primeras etapas de desarrollo, mismos que darán varias plantas de una solo semilla. Asimismo, entre menor sea la densidad mayor potencial de amacolle tendrá (Aguilera-Martínez, 1980). Por este razonamiento se estableció este trabajo, para determinar el número de plantas por metro cuadrado, así como el rendimiento en kilogramos por hectárea, para dar una respuesta con bases científicas de que les conviene más a los productores que quieran incursionar en la producción de semillas. Se localizó un suelo de textura franco arcillo-limosa (Ortiz, 1986), el cual tenía 7 años de sembrarse con algodón y por lo tanto reunía el requisito del SNICS para sembrar trigo para semilla, por ser de diferente ciclo agrícola. Al realizarse un análisis de salinidad se encontró que tenía una conductividad eléctrica de 2.5 dS/m (Soil and Plant Analysis Council Inc., 1999). Con todas las condiciones ideales para los fines de este trabajo se procedió a establecerlo en el ciclo agrícola otoño-invierno 2015-2016.

Materiales y Métodos.

El experimento se realizó en el lote 85 del Ejido Monterrey con la participación y apoyo de un agricultor cooperante. El cultivo evaluado fue Trigo (*Tritucum durum L.*) variedad Cirno C 2008, categoría registrada certificada por el SNICS. Dicha semilla fue proporcionada por la empresa donde el productor obtuvo el crédito para la siembra. El productor se registró como productor de semilla con una superficie de 20 ha.

Objetivos:

- Obtener los resultados de número de plantas por metro cuadrado para cada tratamiento.
- Obtener el rendimiento en kg/ha para cada tratamiento.
- Realizar el análisis estadístico de cada variable y con base en los resultados obtenidos realizar una recomendación a los productores de cuál es el mejor tratamiento.

Para este trabajo experimental se utilizó una superficie de 1.5 ha. La siembra se realizó con drilla, tapando un disco de siembra al centro de la drilla para dejar un espacio de 30 cm entre hileras y realizar las limpias manuales. El área experimental se sembró al final con la drilla calibrada a 100kg/ha, primero se sembró 1 ha y después se dio otro paso de drilla a 0.5 ha. Finalmente se calibró la drilla para sembrar 0.5 ha a una densidad de 150 kg/ha. La siembra se realizó el 7 de diciembre y el riego de germinación se realizó el 9 de diciembre del 2016.

Tratamientos:

Los tratamientos fueron 3 densidades de siembra: 100 kg/ha (tratamiento 1), 150 kg/ha (tratamiento 2) y 200 kg/ha (tratamiento 3).

Diseño experimental:

El diseño fue completamente al azar, tres tratamientos y cuatro repeticiones.

Variables evaluadas:
Las variables evaluadas fueron número de plantas por m^2 y rendimiento de grano en kg/ha.

Manejo agronómico:
El manejo agronómico fue el recomendado por el técnico del productor. Antes de la siembra se realizó un análisis físico y químico del suelo y se determinó que la textura del suelo es Franco Arcillo-Limoso. La Conductividad eléctrica era de 2.5 dS/m. Por lo tanto, el suelo es recomendado para el desarrollo óptimo del cultivo.

Fertilización:
- Se fertilizó en pre-siembra con drilla: 135 kg/ha de Urea y 135 kg/ha de Fosfato Mono amónico.
- En el primer riego de auxilio se aplicó 200 kg/ha de Urea al voleo.
- En el segundo riego de auxilio se aplicó 100 kg/ha de Amoniaco anhidro.
- En el tercer riego de auxilio se aplicaron 100kg/ha de UAN 32.
- En el cuarto riego de auxilio se aplicó 80 kg/ha de 11-37-00.
- El quinto y último riego de auxilio no llevo aplicación de fertilizante.

Cosecha:
La cosecha se realizó de forma manual en un área de 1 m^2 por cada repetición. La determinación de número de plantas por m^2 se realizó directamente en campo. La determinación de rendimiento en kg/ha se realizó de la siguiente manera: Se recolectó en campo las espigas de un área de 1 m^2 y se colocaron en un costal con el número de tratamiento correspondiente, posteriormente se realizó la trilla con una trilladora estacionaria, el grano recolectado de cada tratamiento se pesó en el laboratorio y al resultado obtenido se le multiplicó por 10000 para reportarlo en kg/ha. Con los resultados obtenidos se hizo un análisis estadístico para cada variable.

Resultados y Discusión.

Variable Número de plantas por metro cuadrado
Para la variable "número de plantas por m^2" se realizó un análisis de varianza (cuadro 1) y se encontró que existen diferencias entre los tratamientos, por lo que se procedió a realizar una prueba de comparación de medias (Tukey 0.05), en donde se encontró que el tratamiento 3 fue el que presentó mayor cantidad de plantas con 555, seguido del tratamiento 2 con 524 plantas y al final con 452 plantas se encuentra el tratamiento 1. En la prueba de comparación de medias se encontró que estadísticamente los tratamientos 2 y 3 son estadísticamente iguales y el tratamiento 1 es diferente de ellos (cuadro 2).

Lo cual indica que el tratamiento 1 al tener un menor número de semillas por m^2 y bajo las condiciones de temperaturas que prevalecieron en los meses de diciembre y enero, no amacolló lo suficiente para igualar el número de plantas de los otros 2 tratamientos.

Cuadro 1. Análisis de varianza para número de plantas por metro cuadrado.

F. VARIACION	GL	SC	CM	F. C.	F TABLAS
Tratamientos	2	22195.17	11097.58	18.39*	4.26
Error	9	5431.75	603.53		
Total	11	27626.92			

Cuadro 2. Prueba de comparación de medias para número de plantas por metro cuadrado.

Tratamiento	Plantas/m^2	Clasificación estadística
Tratamiento 3 (200 kg/ha)	555	a
Tratamiento 2 (150 kg/ha)	524	a
Tratamiento 1 (100 kg/ha)	452	b

Tratamientos con la misma letra, son estadísticamente iguales.
Tukey ($\Im$ = 0.05).

Variable Rendimiento.

Con respecto a esta variable, con los datos obtenidos, de realizó un análisis estadístico (cuadro 3) y se encontró que también existen diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que se procedió a realizar una prueba de comparación de medias (Tukey 0.05), dando como resultado que el tratamiento que más rendimiento obtuvo fue el tratamiento 1 con 10299 kg/ha, seguido del tratamiento 2 con 9852.25 kg/ha y finalmente el tratamiento 3 con 8921 kg/ha. En el análisis estadístico se tiene que el tratamiento 1 y 2 son iguales, sin embargo, aunque el tratamiento 3 es diferente del tratamiento 1, dicho tratamiento es igual estadísticamente al tratamiento 2 (cuadro 4).

Por lo que se puede establecer que, aunque se tiene una densidad menor, el tratamiento 1 fue superior en rendimiento a los otros tratamientos.

Cuadro 1. Análisis de varianza para la variable rendimiento en kg/ha.

F. VARIACION	GL	SC	CM	F. C.	F TABLAS
Tratamientos	2	3954261.50	1977130.75	4.67*	4.26
Error	9	3810738.75	423415.42		
Total	11	7765000.25			

Cuadro 2. Prueba de comparación de medias para la variable rendimiento en kg/ha.

Tratamiento	Kg/ha	Clasificación estadística
Tratamiento 1 (100 kg/ha)	10299.00	a
Tratamiento 2 (150 kg/ha)	9852.25	ab
Tratamiento 3 (200 kg/ha)	8921.00	b

Tratamientos con la misma letra, son estadísticamente iguales.
Tukey ($\Im$ = 0.05).

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos y en las condiciones climatológicas que se presentaron durante el ciclo vegetativo del cultivo, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. El número de plantas por m^2 del tratamiento de menor densidad no llegó a igualar a los tratamientos de densidades mayores.
2. El rendimiento fue mayor en el tratamiento 1, ya que aunque presenta menor número de plantas por m^2 el peso del grano fue mayor.
3. Se recomienda a los productores sembrar con una densidad de 100 kg/ha en siembra temprana.

Agradecimientos

Se le hace un atento y merecido reconocimiento a la Productora **Soila Salazar Nevarez** por su apoyo incondicional, ya que facilitó el terreno para el desarrollo de este trabajo y proporcionó todos los insumos que se necesitaron para el buen desarrollo de la investigación.

Referencias.

Aguilar, S. A. 1988. Métodos de Análisis de suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia de Suelo A. C. Departamento de suelos. Universidad Autónoma de Chapingo, México.

Ortiz, B. 1986. Edafología. Universidad Autónoma Chapingo/Departamento de suelo. México.

Personal del Laboratorio de salinidad de los E.U.A. 1962. México 1985. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos.

Soil and Plant Analysis Council Inc. 1999. Soil analysis handbook of reference methods. CRC Press.

Aguilera, C. M. y R. Martínez E. (1980) Relaciones agua suelo planta atmósfera. Departamento de Enseñanza Investigación y Servicio en Irrigación. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México, 2ª Edición.

EL *STATUS* NUTRIMENTAL DEL SUELO Y SU INFLUENCIA EN LA CONTAMINACIÓN POR AFLATOXINAS EN EL CULTIVO DE CACAHUATE (*Arachis hypogaea* L.)

Cervantes-Juan, M. M.; Peña-Cabriales, J. J.*; Guzmán-de-Peña, D.

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados-IPN (CINVESTAV-IPN), Unidad Irapuato. Irapuato, Guanajuato, México.
*Autor responsable: jpena@ira.cinvestav.mx; km 9.6 Libramiento Norte, Carretera Irapuato-León, Irapuato, Gto. México. CP 36821; Tel. +52(462)-623-9600

Resumen
El cacahuate es de gran importancia debido a su alto valor nutricional. Es una leguminosa asociada a bacterias del género *Rhizobium*, lo cual le permite fijar nitrógeno atmosférico. Sin embargo, está expuesto a la contaminación por hongos aflatoxigénicos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización química (con nitrógeno [N] y fósforo [P]) *vs.* la fertilización biológica (con *Rhizobium* y hongos micorrícicos arbusculares [HMA]) sobre la respuesta del cacahuate a los hongos aflatoxigénicos en suelo de Tehuitzingo, Puebla. Se aislaron bacterias a partir de nódulos de cacahuate criollo, y se confirmó su capacidad de nodulación y fijación biológica de nitrógeno bajo invernadero. Se determinó la frecuencia relativa de las poblaciones fúngicas del suelo de cultivo mediante siembra en placa de diluciones seriadas. Para comparar el efecto de la fertilización química (N, P) *vs.* biológica (*Rhizobium*, HMA) en el cultivo de cacahuate criollo, se estableció un ensayo de invernadero en suelo de Tehuitzingo con diferentes tratamientos. Mediante el ensayo de nodulación, se identificaron dos aislados nodulantes (Th1 y Th5). En suelo no se obtuvieron aislados de *Aspergillus flavus* o *A. parasiticus*. Sólo los granos de cacahuate del tratamiento inoculado con *A. parasiticus* y fertilizado químicamente en condiciones de invernadero, presentaron contaminación por aflatoxina B_1, mayor al nivel máximo permisible que establece la NOM-247-SSA1-2008. Los resultados obtenidos sugieren que la fertilización biológica del suelo protege al cultivo de cacahuate criollo de la contaminación por aflatoxinas, mientras que la fertilización química la favorece.

Palabras clave
Cacahuate; *Rhizobium*; aflatoxinas

Introducción
El cacahuate es un cultivo alimenticio de gran importancia nutricional, su grano es rico en proteínas (25-36%), grasa (47-53%), además de carbohidratos (10-15%) y vitaminas B y E (Prasad *et al*., 2011). La capacidad del cacahuate como leguminosa para establecer simbiosis con *Rhizobium* le provee una ventaja sobre otras especies vegetales, debido a que el N es un factor limitante en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Ferguson *et al.*, 2010). Por otro lado, una grave problemática en el cultivo de cacahuate es la contaminación por hongos productores de aflatoxinas, metabolitos secundarios que son considerados potentes cancerígenos. Entre las aflatoxinas de mayor importancia están la B_1, B_2, G_1 y G_2, de las cuales la B_1 es la que se detecta con mayor frecuencia y su toxicidad es la más elevada (Mutegi *et al.*, 2012). El fruto del cacahuate se desarrolla bajo el suelo y al estar en contacto directo con sus poblaciones fúngicas es más susceptible a la contaminación por hongos, entre estos *A. flavus* y *A. parasiticus* que son productores de aflatoxinas (Horn, 2005). La capacidad del cacahuate para mantener una alta fijación biológica de nitrógeno por inoculación con *Bradyrhizobium* bajo condiciones de sequía, ha tenido un efecto negativo y significativo sobre la infección de las semillas

y la contaminación de aflatoxinas por *A. flavus* en experimentos bajo condiciones de campo (Arunyanark *et al.*, 2012). Por tanto, el objetivo de este trabajo fue comparar el efecto de la fertilización química (N y P) *vs.* biológica (*Rhizobium*-HMA) sobre la contaminación del cacahuate con hongos aflatoxigénicos.

Materiales y Métodos

Caracterización físico-química del suelo de Tehuitzingo, Puebla
La caracterización del suelo fue realizada de acuerdo a la norma NOM-021-RECNAT-2000 por el Laboratorio de Análisis de Agua, Suelos y Fertilizantes del INIFAP-Campo experimental Bajío en Celaya, Guanajuato.

Muestreo de plantas
Se realizó un muestreo aleatorio en Zig-zag de una parcela de 1 ha del municipio de Tehuitzingo, para obtener 10 plantas de cacahuate. Se cuantificaron los nódulos totales y se identificaron los nódulos efectivos con presencia de leghemoglobina (coloración rosada en el interior).

Ensayo de reducción de acetileno
La actividad nitrogenasa se midió mediante el ensayo de reducción de acetileno descrito por Knowles (1982). Las muestras recolectadas en tubos Vacutainer se analizaron en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard 5890 equipado con detector de ionización de flama (FID) y una columna HP-PLOT/Q (50 m × 0.23 mm de diámetro interno).

Aislamiento de Rhizobium a partir de nódulos
El aislamiento se realizó de acuerdo a lo descrito por González (2012). Las placas se incubaron a 35 ± 2ºC por 48 h o hasta observar crecimiento abundante en el medio.

Ensayo de nodulación bajo condiciones de invernadero
Las semillas de cacahuate fueron desinfestadas de acuerdo a la técnica descrita por Cruz *et al.* (2013) para su germinación, en frascos con algodón húmedo durante 4 d. Las semillas se inocularon con los aislados bacterianos Th1-Th7 independientemente (10 mL de una suspensión bacteriana de 1 x 10^9 UFC mL^{-1}) al momento de la siembra en arena estéril. Una semilla en cada maceta (tres repeticiones). Como control negativo se sembraron semillas sin inocular en arena estéril. Después de 60 d de cultivo se determinó la actividad nitrogenasa y el número de nódulos totales y efectivos.

Aislamiento de hongos de suelo de cultivo de cacahuate
El aislamiento de los hongos se realizó mediante la técnica microbiológica de diluciones decimales seriadas y siembra en placa en medio malta sal agar (MSA) por duplicado. Las placas fueron incubadas a 28°C durante 6 d, y se determinó el número de UFC por gramo de suelo.

Ensayo de invernadero para comparar el efecto de la fertilización química vs. biológica
En condiciones de invernadero, se sembraron tres semillas de cacahuate criollo (desinfestadas) por cada maceta con 16 kg de suelo de Tehuitzingo, aplicándose los siguientes tratamientos con tres repeticiones: A) suelo en condiciones naturales (sin esterilizar, sin fertilizar y sin inocular); B) suelo + Fertilización química (10 ppm N, 15 ppm P usando sulfato de amonio y superfosfato triple, respectivamente); C) suelo + *Rhizobium* (10^9 UFC mL^{-1}); D) suelo + *A. parasiticus* (1x 10^6 esporas mL^{-1}); E) suelo + fertilización química (N y P) + *A. parasiticus*; F) suelo + *Rhizobium* + *A. parasiticus*; G) suelo + *Rhizobium* + consorcio de hongos micorrícicos arbusculares del género *Glomus* (10 g

semilla^{-1}) + *A. parasiticus*.

Los parámetros a evaluar fueron: número de nódulos totales y efectivos por planta, actividad de reducción de acetileno en µM C_2H_4 g^{-1} h^{-1}, nitrógeno en mg N planta^{-1}, fósforo en ppm P planta^{-1}, biomasa seca en parte aérea y radicular en g planta^{-1}, producción de granos en g planta^{-1} y nivel de aflatoxinas en µg AFB_1 g^{-1} de cacahuate al momento de la cosecha.

Determinación de N y P en plantas de cacahuate

El contenido de nitrógeno total en las plantas de cacahuate se determinó en un analizador elemental orgánico Thermo Scienctific Flash serie 2000 (Thermo Fisher Scientific, Waltham, Massachusetts, EUA), utilizando 1 g de muestra para el análisis. Para la determinación de fósforo se utilizó el método Vanadio-Molibdato (Vera-Núñez *et al.*, 2006).

Determinación del nivel de aflatoxinas en granos de cacahuate

La extracción de aflatoxinas de granos de cacahuate se realizó de acuerdo al método 993.17 AOAC adaptado por Guzmán-de-Peña *et al.*, (Comunicación personal), empleando 1 g de muestra de cacahuate molido. Se cuantificó el nivel de aflatoxinas mediante HPLC. La determinación se realizó por triplicado para cada tratamiento.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se analizaron mediante un ANOVA y con la prueba de rango múltiple del método de Duncan por medio del sistema estadístico SPSS Statistics versión 17.0 a un nivel de significancia $P \leq 0.05$.

Resultados y Discusión

Caracterización físico-química del suelo de Tehuitzingo, Puebla

La caracterización físico-química del suelo, mostró un contenido de materia orgánica bajo (0.79%), 8.41 ppm de N (moderadamente bajo); 7.83 ppm de P (bajo) y 309 ppm de K (moderadamente alto).

Nodulación efectiva en plantas de cacahuate en campo

Las plantas de cacahuate criollo presentaron nodulación natural, el 89% de los nódulos presentaron leghemoglobina en su interior, lo cual indica la presencia de *Rhizobium* en el suelo con capacidad de infección y efectividad nodular. La nodulación cuantificada, así como la actividad nitrogenasa se registran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Nodulación de cacahuate criollo

Nódulos	No. planta^{-1}
Totales	193 ± 0.50
Efectivos	171 ± 2.00
Peso (g)	0.68 ± 0.16
Actividad nitrogenasa (µmoles C_2H_4 mg^{-1} de nódulo h^{-1})	328.05 ± 135.85

Los valores representan la media de 10 plantas.

Ensayo de nodulación bajo condiciones de invernadero

De los siete aislados bacterianos obtenidos (Th1-Th7) con morfología bacilar Gram negativos, sólo Th1 y Th5 nodularon raíces de cacahuate, con lo que se confirmó que estas dos cepas pertenecen al género *Rhizobium*. El aislado Th5 generó mayor número de nódulos, presentó mayor actividad nitrogenasa y en las plantas inoculadas con esta cepa la biomasa seca aérea fue mayor.

Hongos aislados de suelo de cultivo de cacahuate

El género predominante en el suelo fue *Rhizopus* (7.3 x 10^7 UFC g^{-1} de suelo), y en menor proporción hongos de la sección *Aspergillus flavi*, (9.1 x 10^4 UFC g^{-1} de suelo) colonias amarillo granulosas, posiblemente *A. oryzae*. Sin embargo, no se detectó la posible presencia de *A. flavus* o *A. parasiticus.* Su ausencia pudo estar relacionada a que las condiciones ambientales del sitio son desfavorables para estas especies. *A. flavus* y *A. parasiticus* requieren una temperatura óptima de 28°C; pH de 6.5-7.5 y humedad relativa entre 88 y 95% para crecer. Asimismo, podría deberse a la competencia entre especies (Alexander, 1971), como *Rhizopus*, que tiene un crecimiento muy rápido y quizás por ello, su frecuencia relativa fue mayor.

Efecto de la fertilización química vs. biológica en el cultivo de cacahuate criollo

El mayor número de nódulos y absorción de N lo presentaron las plantas sembradas en suelo sin ningún tratamiento (A), mientras que el menor porcentaje de nódulos efectivos, menor actividad nitrogenasa y absorción de N lo presentaron las plantas del tratamiento inoculado con *A. parasiticus* (Cuadro 2). Con respecto a la producción de biomasa y el rendimiento del cultivo de cacahuate, no se encontraron diferencias significativas. Sin embargo, las plantas inoculadas con *Rhizobium* presentaron mayor rendimiento comparadas con las plantas sin inocular. Resultados similares han sido reportados por Martínez (1985) citado por Barrera *et al.* (2002) quien no encontró diferencias significativas en el rendimiento utilizando inoculantes *vs.* fertilizantes químicos en un ensayo con cacahuate de medio riego en el municipio de Axochiapan, Morelos. En el presente estudio se observó que la inoculación con *Rhizobium* favoreció la absorción de P en raíz y este valor fue mayor al obtenido con fertilización química (Cuadro 2). Este comportamiento concuerda con lo reportado por Jia *et al.* (2004), donde plantas de haba (*Vicia faba*) inoculadas con *Rhizobium* mostraron un incremento en la acumulación de P comparado con plantas con bajo suministro de nitrógeno o sin inoculación con *Rhizobium* ni fertilización nitrogenada.

Cuadro 2. Efecto de la fertilización química *vs*. fertilización biológica en el número de nódulos totales y efectivos, actividad nitrogenasa, contenido de N y P en plantas de cacahuate

Tratamiento	Nodulación		Actividad nitrogenasa (μM de C_2H_4 mg^{-1} nódulos h^{-1})	mg N $planta^{-1}$	ppm de P	
	Nódulos totales††	Nódulos efectivos %			Parte aérea	Raíz
A. Suelo en condiciones naturales	127 ± 33 a	96.67 ± 0.00 a	57.17 ± 37.02 a	511.07 ± 99.18 a	9.7 ± 0.2 b	10.1± 2.1 bc
B. Suelo + Fertilización Química	93 ± 26 a	92.22 ± 4.01 a	92.90 ± 53.14 a	431.94 ± 146.43 a	12.7 ± 0.2 a	9.6 ± 0.3 bc
C. Suelo + *Rhizobium*	80 ± 27 a	95.56 ± 1.11 a	90.92 ± 39.22 a	324.13 ± 38.39 a	9.7 ± 1.5 b	13.0 ± 0.3 a
D. Suelo + *A. parasiticus*	81 ± 41 a	65.56 ± 32.79 a	36.61 ± 4.43 a	311.48 ± 195.54 a	9.2 ± 0.1 b	11.1 ± 0.3 b
E. Suelo + Fertilización Química + *A. parasiticus*	95 ± 28 a	86.67 ± 7.70 a	119.63 ± 23.95 a	442.85 ± 162.33 a	13.7 ± 0.2 a	11.1 ± 0.5 b
F. Suelo + *Rhizobium* + *A. parasiticus*	124 ± 14 a	81.11 ± 4.84 a	60.33 ± 18.18 a	369.59 ± 64.21 a	10.0 ± 0.3 b	8.9 ± 0.3 c
G. Suelo + *Rhizobium* + HMA + *A. parasiticus*	76 ± 24 a	93.33 ± 3.85 a	54.59 ± 4.43 a	352.12 ± 41.24 a	12.8 ± 0.3 a	10.1 ± 0.2 bc

Los valores representan la Media ± SD (n=3). Valores con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes. Duncan ($P \leq 0.05$).

Nivel de aflatoxinas en granos de cacahuate cosechados en invernadero

Sólo los granos producidos en plantas cultivadas en suelo inoculado con *A. parasiticus* y fertilizado químicamente con N (tratamiento E) presentaron contaminación con AFB_1 (23.28 ng AFB_1 g^{-1} cacahuate). Esto indica que la fertilización química favoreció la contaminación de cacahuate por aflatoxinas, mientras que la fertilización biológica (inoculación con *Rhizobium*) protegió al cultivo. Este resultado coincide con lo reportado por Arunyanark *et al.* (2012), quienes observaron que al mantener la fijación biológica de nitrógeno con la inoculación de *Bradyrhizobium* se reduce la contaminación por aflatoxinas en cacahuate.

Conclusiones

El suelo del cultivo de cacahuate criollo de Tehuitzingo, Puebla presenta bajo *status* nutrimental de nitrógeno y fósforo, lo cual muy posiblemente repercute en el rendimiento del cultivo, pero favorece el establecimiento de *Rhizobium*. Las condiciones ambientales en campo no favorecieron el crecimiento de *A. flavus* y *A. parasiticus*, por lo cual no se aislaron estos hongos del suelo de cultivo de cacahuate criollo. Bajo condiciones de invernadero, la fertilización química del suelo favoreció la contaminación con aflatoxinas de los granos de cacahuate.

Referencias

Alexander, M. 1971. Microbial Ecology. Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc. pp. 283-297.

Arunyanark, A., S. Pimratch, S. Jogloy, S. Wongkaew, N. Vorasoot, C. Akkasaeng, T. Kesmala, A. Patanothai, and C. C. Holbrook. 2012. Association between aflatoxin contamination and N_2 fixation in peanut under drought conditions. International Journal of Plant Production 6: 161-172.

Barrera, A., V. Díaz, y L. Hernández. 2002. Producción del cultivo de cacahuate (*Arachis hypogaea* L.) en el estado de Morelos. Folleto técnico 18: 1-16.

Cruz-Hernández, A., A. Tomasini-Campocosio, J. A. Pérez-Flores, F. J. Fernández-Perrino, and M. Gutiérrez-Rojas. 2013. Inoculation of seed-borne fungus in the rhizosphere of *Festuca arundinacea* promotes hydrocarbon removal and pyrene accumulation in roots. Plant Soil 362: 261–270.

Ferguson, B. J., A. Indrasumunar, S. Hayashi, M. Lin, Y. Lin, D. E. Reid, and P. M. Gresshoff. 2010. Molecular analysis of legume nodule development and autoregulation. Journal of Integrative Plant Biology 52: 61-76.

González, C. 2012. El papel de la trealosa en la sobrevivencia de las bacterias nodulantes de *Lonchocarpus eriocarinalis* a la desecación del suelo. Tesis de maestría. CINVESTAV IPN. pp. 6-31.

Horn, B. W. 2005. Colonization of wounded peanut seeds by soil fungi: selectivity for species from *Aspergillus* section *Flavi.* Mycologia 97: 202-217.

Jia, Y., V. M. Gray, and C. J. Straker. 2004. The influence of *Rhizobium* and arbuscular mycorrhizal fungi on nitrogen and phosphorus accumulation by *Vicia faba*. Annals of Botany 94: 251-258.

Knowles, R. 1982. Free-living Dinitrogen-fixing Bacteria. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties-Agronomy Monograph. (2nd Edition). Madison, USA. pp. 1071-1092.

Mutegi, C. K., H. K. Ngugi, S. L. Hendriks, and R. B. Jones. 2012. Factors associated with the incidence of *Aspergillus* section *Flavi* and aflatoxin contamination of peanuts in the Busia and Homa bay districts of western Kenya. Plant Pathology 61: 1143-1153.

Prasad, P. V. Vara, V. G. Kakani, and H. D. Upadhyaya. (2010). Growth and production of groundnut. *UNESCO Encyclopedia*. pp. 1-26.

Vera-Núñez J. A., J. J. Peña-Cabriales, L. Herrera-Estrella, F. Nieto, S. Salgado-García, D. J. Palma-López, A. Ortíz-Ceballos, L. Pastrana-Aponte, S. Barrón-Freyre, O. A. Grageda-Cabrera, and C. Fragoso. 2006. Improving agriculture productivity in the savannah of Tabasco state, Mexico. I. Management of maize and sorghum production systems. In: International Atomic Energy (IAEA). Management practices to improving sustainable crop production in tropical acid soils, IAEA Proceedings Series, Vienna, Austria, pp. 255-272.

ASIMILACIÓN DE NITRÓGENO EN PLÁNTULAS DE TOMATE ASPERJADAS CON ELICITORES ORGÁNICOS E INORGÁNICOS

Córdova-Chavarría, L.A.[1]; Ibarra-Reyes, M.[3*], Fortis-Hernández, M.[2]; Gámez-Escobedo, I.[4]; Preciado-Rangel, P.[5]; Sánchez-Chaves, E.[6]

[1]Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón, Coahuila. México. Km 7.5 Carr. Torreón – San Pedro. Torreón, Coah., México.
[4]Universidad Autónoma de Coahuila. Torreón, Coahuila. México.
[6]Centro de Investigación de Alimentos y Desarrollo A.C. (CIAD). Delicias, Chihuahua. México.

*Montserrat Ibarra Reyes Montserrat.i.r@hotmail.com Av. Villa Unión No. 370 Col. Valle Verde, Torreón, Coahuila. México. CP 27150; Tel. +52(871)-3482775

Resumen
El tomate es una de las hortalizas más importantes en México, debido al aporte que genera su producción en la economía del país. La fertilización química es la causa principal de incremento en costos de producción y de contaminación. Una alternativa es el uso de biofertilizantes, ya que ayudan a tener un manejo agrícola sustentable. Las algas marinas actúan como bioestimulantes, incrementando rendimientos y calidad de cosechas, contienen nutrientes, elementos traza y auxinas por lo que se consideran elicitores. En esta investigación se aplicó elicitores asperjados a los 17, 24, 31, 38 y 45 días después de la siembra en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum L*,). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos: T1= micro alga grammatophora, T2= ácido ascórbico, T3= Micro alga *Ascophyillum*, T4= ácido salicílico y T5= Testigo. Se evaluó la asimilación de nitrógeno por medio de la actividad enzimática nitrato reductasa, análisis mineral del tejido vegetal y otras variables fenológicas. Los resultados obtenidos en la actividad enzimática Nitrato Reductasa mostraron diferencias estadísticas (Tukey: $P \leq 0.05$) en la reacción endógena y la reacción inducida, siendo el tratamiento de micro alga *grammatophora* sp., el de mayor valor (0.14 NO_2/gpf/h y 1.73 NO_2/gpf/h); y en análisis mineral el tratamiento de micro alga *grammatophora* sp., obtuvo diferencias estadísticas (Tukey: $P \leq 0.05$) para la concentración porcentual de N 6.79 %, P 0.3029%, Ca 1.8275%, Mg 0.4195%, Mn 24.3733% y Zn 26.3750% respectivamente. Por tanto, las plántulas de tomate con mayor asimilación de nitrógeno fueron las que se asperjaron con la micro alga *grammatophora*.

Palabras clave
Solanum lycopersicum L., micro algas, biofertilizantes, nitrato reductasa.

Introducción
El cultivo de tomate *(Solanum lycopersicum L*.) es una de las principales hortalizas cultivadas en sistemas protegidos en el mundo (Bender, 2008). El tomate ocupa el tercer lugar en el comercio mundial de hortalizas (Miranda *et al*., 2005). Según SAGARPA (2013), la Región Laguna cuenta con 656 hectáreas destinadas a la producción de tomate, de las cuales se cosechan 71,900 t de ésta hortaliza; sin embargo, las plagas y la fertilización son dos de los principales problemas que se tienen para cultivarlo. Una alternativa viable para la producción de tomate es el uso de algas y micro algas marinas, éstas proveen un sin fin de recursos los cuales pudieran ser aplicados en la agricultura. Las algas se consideran residuos en aquellas zonas donde la eutrofización origina crecimientos excesivos de las mismas. Actualmente las algas se utilizan para mejorar el crecimiento de las plantas en sistemas

agrícolas. Las algas marinas tienen nutrimientos y sustancias naturales cuyo efecto es similar a los reguladores de crecimiento, dentro de los compuestos ya identificados en las algas se tienen agentes quelatantes como ácidos algínicos, fúlvicos, manitol, así como vitaminas, cerca de 5000 enzimas y algunos compuestos biocidas que controlan algunas plagas y enfermedades de las plantas (Crouch y Van Staden, 1992). Otro de los beneficios de utilizar a las algas como elicitor es que refuerzan y activan su sistema fisiológico lográndose plantas más vigorosas, sanas y con mejor nutrición (Ortega y Gallego, 2008).

En esta investigación se estudia el uso de elicitores con base de algas y micro algas como fuente de fertilización orgánica, mediante la aplicación foliar a plántulas de tomate con el objetivo de determinar la asimilación de nitrógeno a través de la actividad enzimática de nitrato reductasa "*in vivo*", así como, evaluar su estado nutricional.

Materiales y Métodos

El estudio fue realizado en invernadero en el Instituto Tecnológico de Torreón (ITT), localizado entre las coordenadas 24°30' y 27°N, 102°00' y 104°40'O, a una altitud de 1120 msnm. Ubicado en el km 7.5 de la antigua carretera Torreón- San Pedro, Municipio de Torreón, Coahuila. La semilla de tomate fue tipo saladette cv. Rio Grande y su siembra se efectuó en cinco charolas de 200 cavidades utilizando peat moss como sustrato, poniendo una semilla por cavidad, teniendo como fecha de siembra el día cuatro de septiembre del 2014 y se concluyó el trabajo de campo el tres de noviembre del 2014.

El diseño experimental fue completamente al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones, dando como resultado 25 unidades experimentales (Cuadro 1). Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de separación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$) del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis Systerm; SAS ver. 9.1, 1998).

Cuadro 1. Concentraciones utilizadas de elicitores, así como volumen aplicado en los tratamientos evaluados para el experimento de plántulas de tomate.

Tratamientos	Concentración de los Tratamiento	Volumen total aplicado
T1: Micro alga (*Grammatophora sp)*	Solución al 10 %	150 (ml)
T2: Ácido ascórbico	1 µM	150 (ml)
T3: Alga comercial *(Ascophyillum nodosum)*	Solución al 10 %	150 (ml)
T4: Ácido salicílico	1 µM	150 (ml)
T5: Testigo	Agua destilada aplicada como riego a las plántulas.	48 (L)

Los tratamientos se aplicaron vía foliar a los 17, 24, 31, 38 y 45 días después de la siembra (dds). El cultivo se estableció en el periodo septiembre - noviembre del año 2014. Se aplicó como riego 0.8 L diarios de agua destilada a cada charola para así poder atribuirle los resultados a los tratamientos evaluados, la mitad del volumen se aplicó por la mañana y el resto por la tarde para así poder mantener en condiciones de humedad óptimas.

Variables evaluadas a plántulas de tomate producidas en invernadero

- ***Área foliar***

Se cuantificó una vez, la cual fue a los 50 dds. Se utilizó un integrador de área foliar marca LI-COR modelo LI-3100, los resultados referidos para esta variable fueron en (cm^2).

- ***Actividad enzimática nitrato reductasa "in vivo"***

Se determinó a los 60 dds. En el "Laboratorio de Fisiología y Nutrición Vegetal del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) Unidad Delicias, Chihuahua". El procedimiento utilizado fue una adaptación de los métodos propuestos por Joworski (1957) y Mauriño (1986). Para la determinación de la actividad NR "*in vivo*" se tomó: 1 mL de la alícuota (Metra), 2 mL de sulfanilamida al 1 % disuelta en HCl 1.5 N, 2 mL de NNEDA (N-1- naftil- etilendiamida) al 0 .02%, disuelta en HCl 0.2 N. La lectura de la absorbancia se realizó en el espectrofotómetro JENWAY UV/Vis, Spectrophotometer a una longitud de onda de 540 nm, frente a una curva patrón de NO_2^- entre 0.25 - 2 µg mL^{-1}. La actividad nitrato reductasa "*in vivo*" se expresó en: µmol de NO_2^- formados por g^{-1} p. f. h^{-1} (micro moles de nitritos formados por gramos de peso fresco en una hora).

- ***Análisis de tejido vegetal***

Se determinó a los 60 dds en el "Laboratorio de Fisiología y Nutrición Vegetal del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) Unidad Delicias, Chihuahua" los cuales fueron Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Manganeso (Mn), Sodio (Na), Cobre (Cu), Niquel (Ni), Zinc (Zn), Fierro (Fe). La determinación de la concentración de nitrógeno total (Nt) fue por el método de micro- *Kjeldahl y* la cuantificación de la concentración de Sodio (Na), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Zinc (Zn) y Níquel (Ni), por el método de la mezcla digestora y espectrofotometría de absorción atómica y para la determinación de la concentración de calcio (Ca), Potasio (K), Magnesio (Mg) fue por el método de la mezcla digestora y absorción atómica, la cuantificación del fósforo (P) fue por el método de la mezcla triácida y metavanadato molibdato de amonio y colorimetría

Resultados y Discusión

En el área foliar el análisis de varianza (ANOVA) para esta variable indican que no hay diferencias estadísticas entre los tratamientos de algas ya que para el tratamiento con micro alga grammatophora (T1) se obtuvo 33 cm^2 y el tratamiento con producto comercial (T3) 37.5 cm^2, sin embargo, estos son diferentes estadísticamente a los demás tratamientos registrando el tratamiento testigo (T5) 20.17 cm^2 superando a los tratamientos con ácido ascórbico y ácido salicílico con 15.8 cm^2 y 15.7 cm^2, respectivamente. En la Figura 1, se muestra el comportamiento del área foliar al aplicar diferentes elicitores a plántulas de tomate producidas en invernadero.

Los resultados obtenidos de la actividad enzimática Nitrato reductasa están expresados en µMoles de NO2/gpf/h. Se puede observar que en la RXA (reacción endógena) y RXC (reacción inducida) presentaron diferencias estadísticas; el tratamiento de micro alga grammatophora, este es un indicador de la cantidad nitrato (NO3) aportado por el tratamiento. Por otra parte, en la RXC (reacción inducida) se obtuvo diferencias entre el tratamiento uno contra todos los demás, lo cual activa la actividad enzimática generando plantas más nutridas.

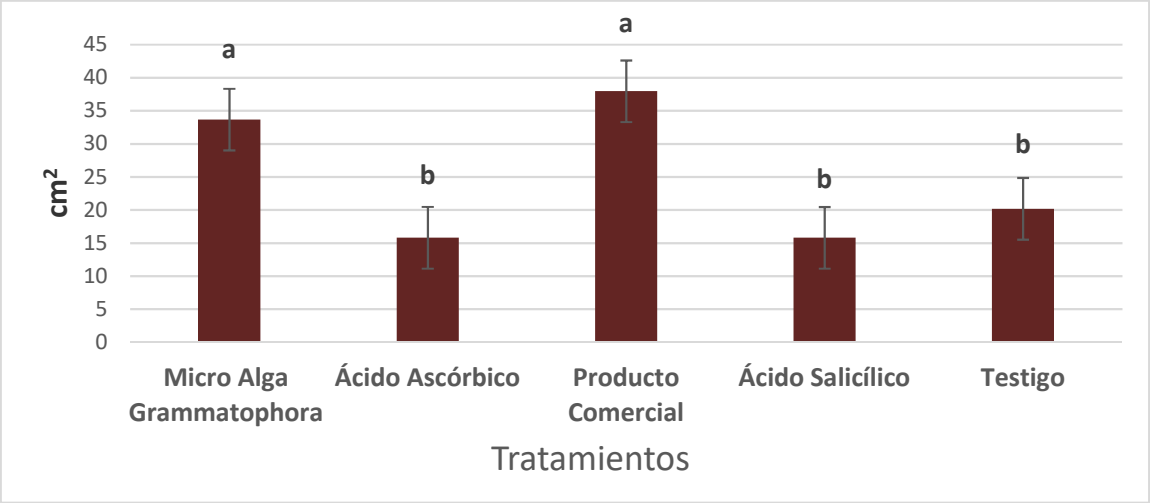


Figura 1. Comparación de medias de área foliar, a los 51 días despúes de la siembra (dds), de plantulas de tomate producidas en invernadero con diferentes aplicaciones foliares de elicitores. Letras distintas dentro de cada columna indican diferencia estadística significativa (Tukey; $P \leq 0.05$).

Tabla 1. Actividad enzimática nitrato reductasa en plántulas de tomate producidas en invernadero

Tratamiento	RX A		RX B		RX C		RX D	
	---------- µMoles de NO2/gpf/h----------							
T1= Micro Alga grammatophora	0.1400	a‡	5.2500	b	1.7300	a	2.6000	c
T2= Ac. Ascórbico	0.1300	b	3.6500	e	0.8299	b	3.5533	ab
T3=Alga Com.	0.0800	e	4.5399	d	0.4267	b	3.9933	a
T4=AC. Sal.	0.1000	d	5.7066	a	0.3867	b	3.3467	b
T5=Testigo	0.1100	c	4.8733	c	0.4733	b	2.4733	c

Se expresan la cantidad de micro moles de nitrito por gramo de peso fresco de la planta generada en una hora. RXA nitrato absorbido de manera natural por la planta, RXB presencia de sustrato (No3), RXC presencia de cofactor (Mo) y RXD presencia de sustrato y cofactor (NO3-Mo). ‡Letras distintas dentro de cada columna indican diferencia estadística significativa (Tukey; $P \leq 0.05$).

La mayor actividad NR endógena se presentó al aplicar micro alga grammatophora con 0.1400 µmol de NO_2^- formados por g^{-1} p. f. h^{-1} (T1) contra el tratamiento testigo (tratamiento cinco) que formó 0.1100 µmol de NO_2^- formados por g^{-1} p. f. h^{-1}, por otra parte, en el tratamiento que menor actividad presentó fue en el producto comercial con alga (T3) con una actividad de 0.0800 µmol de NO_2^- formados por g^{-1} p. f. h^{-1}.

El N se considera el nutriente que se usa más ampliamente como fertilizante y es el más demandado para el crecimiento de las plantas cultivadas. Las plántulas asperjadas con micro alga *grammatophora* (tratamiento uno) fueron las que mayor porcentaje de nitrógeno obtuvieron con un 6.79% comparado con el testigo de 6.74%.

Preciado (2014) aplicando orina humana diluida con conductividad eléctricas de 4 dsm $^{-1}$ plántulas de tomate obtuvo porcentaje de 6.70% lo cual al aplicar micro alga *grammatophora* pudiera ser una alternativa para obtener plántulas más nutridas.

Cuadro 1. Análisis foliar de plántulas de tomate producidas en invernadero, con diferentes aplicaciones foliares de elicitores, a los 60 días después de la siembra.

	Tratamientos				
Composición Nutrimental (%)	Micro alga Grammatophora	Ácido ascórbico	Producto Comercial	Ácido Salicílico	Testigo
Nitrógeno (N)	6.7998	6.7321	6.7613	6.7824	6.7487
Fosforo (P)	0.3029 a	0.2746 b	0.3010 a	0.2021 c	0.2039 c
Potasio (K)	0.6682 b	0.7118 b	1.0419 a	0.5854 b	0.6262 b
Calcio (Ca)	1.8275 a	1.3085 c	1.4097 b	0.9996 d	0.8114 e
Magnesio (Mg)	0.4195 a	0.2728 c	0.3777 b	0.2320 d	0.2073 e
Manganeso (Mn)	24.3733 a	22.2500 b	19.9900 c	15.6000 d	16.0267d
Cobre (Cu)	3.8883 c	6.4700 a	4.8100 b	3.2850 c	5.5450 b
Sodio (Na)	0.0250 b	0.0236 c	0.0259 a	0.0233 d	0.0231 d
Níquel (Ni)	8.3877 a	8.6183 a	8.1330 a	8.1330 a	8.3619 a
Zinc (Zn)	26.3750 a	19.0300 c	22.4733 b	16.1467 d	15.3083d
Fierro (Fe)	43.1300 b	48.6750 a	42.8700 b	29.1533 d	32.0550c

†Medias con letras iguales dentro de cada fila son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Conclusiones

Se puede concluir que al aplicar micro alga grammatophora como elicitor se obtienen plántulas de tomate con mayor biomasa (vigor) y mejor nutridas. Se incrementa la actividad enzimática Nitrato Reductasa en la reacción endógena (A) con un valor de 0.14 µmoles de NO_2/g p f /h contra 0.11 µmoles de NO_2/ g p f /h. Las hojas de las plántulas de tomate reproducidas en invernadero presentan mayor cantidad de nitrógeno en su concentración porcentual de 6.79% contra un 6.74% del Testigo.

Referencias

Crouch IJ, van Staden J (1992) Effect of seaweed concentrate on the establishment and yield of greenhouse tomato plants. J Appl Phycol 4:292 – 296.

López C, B,. 1999.Enzimas-algas: Posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. Terra. Volúmen 17. 3 pp 272-276

Ortega W. R., and Gallego, R. O. (2008) Utilización de algas marinas como componente de sustratos para la producción de plántulas de acelga y lechuga. 39 - 40.

Preciado P., Torres AG., Segura MA., Fortis M, Garcia JL., Rueda EO., Sánchez E. Evaluación de orina humana como fuente de nutrientes en la producción de plántulas de tomate (2010). Universidad y Ciencia Vol 26. pp 171 – 178.

Rodriguez, O, W,. Orellana, G, R., 2008. Utilizacón de algas marinas como componente de sustratos para la producción de plantulas de acelga y lechuga. Agricultura Orgánico 3: 39-40.

Ruiz G, C,. 2002 Aplicación de Algaenzims y su efecto en germinación y vigor de semillas de Cilantro (Coriandrum sativur L.) Tesis de Licenciatura Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro Saltillo Coahuila. pp 24

SAGARPA-Región Lagunera, 2014. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Producción de tomate en ambientes protegidos en la Comarca Lagunera.

Sánchez Ch, E,. 2006 Caracterización del estado nutricional y fisiológico en plantas de judia (Phaseolus vulgaris L. cv. Strike) sometidas a un estres por nitrógeno. Editorial de la Univwersidad de Granada. Tesis Doctoral pp 7.

DISTRIBUCION DE PLOMO, MERCURIO Y ARSENICO EN LA LAGUNA DE LA ZACATECANA, MUNICIPIO DE GUADALUPE, ZACATECAS

Covarrubias, S.A.[1]; Maldonado-Vega, M.[2]; Peña-Cabriales, J.J.[1*]

[1]Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Unidad Irapuato. Departamento de Biotecnología y Bioquímica. Laboratorio de Microbiología Ambiental. Irapuato, Guanajuato. México.

[2]Dirección de Planeación, Enseñanza e Investigación, Hospital de Alta Especialidad del Bajío. Secretaria de Salud. León, Guanajuato. México.

*Autor responsable: jpena@ira.cinvestav.mx; Km. 9.6 Libramiento Norte, Carretera Irapuato-León. Col. El Copal, Irapuato, Guanajuato. México. CP 36821 Tel. +52(462)-623-9600 extensión 9443.

Resumen

La contaminación por metales pesados en México es un problema en aumento debido a las actividades antropogénicas. En la laguna de La Zacatecana localizada en el municipio de Guadalupe, Zacatecas se encuentran depositadas entre 10 y 20 millones de toneladas de jales mineros que se acumularon desde la época colonial hasta mediados del siglo XIX. Estudios indican que los principales metales pesados en el sitio son plomo (Pb), mercurio (Hg) y arsénico (As). El objetivo del presente trabajo fue determinar la concentración de Pb, Hg y As en suelo y sedimento de la laguna, así como su patrón de dispersión en el sitio. Se analizaron un total de 15 puntos a lo largo de la laguna encontrando en la parte norte las más altas concentraciones Pb.

Palabras clave

Jales mineros; contaminación de suelos; metales pesados.

Introducción

La contaminación por metales pesados en México es un problema en aumento debido a las actividades antropogénicas. Los lugares más afectados son principalmente aquellos con una larga tradición minera como el estado de Zacatecas. En la laguna de La Zacatecana localizada en el municipio de Guadalupe, Zacatecas (Figura 1a) se encuentran depositadas entre 10 y 20 millones de toneladas de jales mineros que se acumularon desde la época colonial, hasta mediados del siglo XIX (Zetina Rodríguez, 2011). Estudios indican que los principales metales pesados en el sitio son plomo, mercurio y arsénico, en concentraciones que exceden lo determinado por las normas mexicanas (Iskander *et al.*, 1994, Santos-Santos *et al.*, 2006 y González Dávila *et al.*, 2012). Aunado a lo anterior la laguna se deseca completamente durante una época del año por lo cual es utilizada para la agricultura de humedad, siendo el maíz el principal cultivo. González Dávila *et al.*, en el 2012 determinaron la concentración de plomo y arsénico en plantas de maíz de la Zacatecana indicando que los metales pesados pueden acumularse en la planta, por lo que esta podría significar un vector de contaminación para la población del lugar.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la concentración total de Pb, Hg y As en suelo y sedimento de la laguna, así como su patrón de dispersión en el sitio.

MATERIALES Y METODOS

Muestreo: Se realizó una colecta de suelo y sedimento en 15 sitios alrededor y dentro de la laguna (Figura 1) de la Zacatecana en el mes de mayo del 2014 y 2015. Se colectó 3 kg de suelo y sedimento de cada punto de muestreo (0-30 cm de profundidad). Las muestras se almacenaron en frascos de polietileno previamente etiquetados y esterilizados mediante luz ultravioleta. Las muestras se conservaron en hielo durante su traslado al laboratorio, una vez ahí se almacenaron a 4°C hasta su posterior análisis.

Figura 1. Laguna de "la Zacatecana" en Guadalupe Zacatecas

Determinación de metales pesados: La concentración de plomo fue determinada por ICP-AES (Espectrometría de Emisión Atómica con Plasma Acoplado por Inducción, IRIS Intrepid II Model XDL, Thermo Electron Corporation, Franklin, Mass., USA) de acuerdo al Método EPA6010.

Dispersión de metales pesados: la distribución de Hg, Pb y As en la laguna se estimó mediante kriging y se representó mediante mapas de isocurva utilizando el programa Surfer 10 (Golden Software).

Resultados y discusión

Concentración de plomo en suelo y agua: La concentración de metales pesados en el área fue muy variable. Encontrándose las concentraciones más altas para los tres metales en la zona norte de la laguna. Específicamente en el sitio 17N (22°44'28.71"N, 102°27'42.79"O) se presentaron las concentraciones más altas de As y Pb con 116 y 1573 mg/kg respectivamente, mientras que la concentración más alta para Hg se encontró en el sitio 1S con 69.3 mg/kg. Cabe mencionar que estas cantidades rebasan lo establecido por la norma NOM-147- SEMARNAT-SSA1-2004 (SEMARNAT

2007) para suelos de tipo agrícola, donde señala que el máximo permitido de Hg, As y Pb es de 23, 22 y 400 mg*kg respectivamente. En el caso de Pb lo encontrado en este estudio sobrepasa inclusive el límite máximo de la norma mexicana para suelo de uso industrial (800 mg/kg)

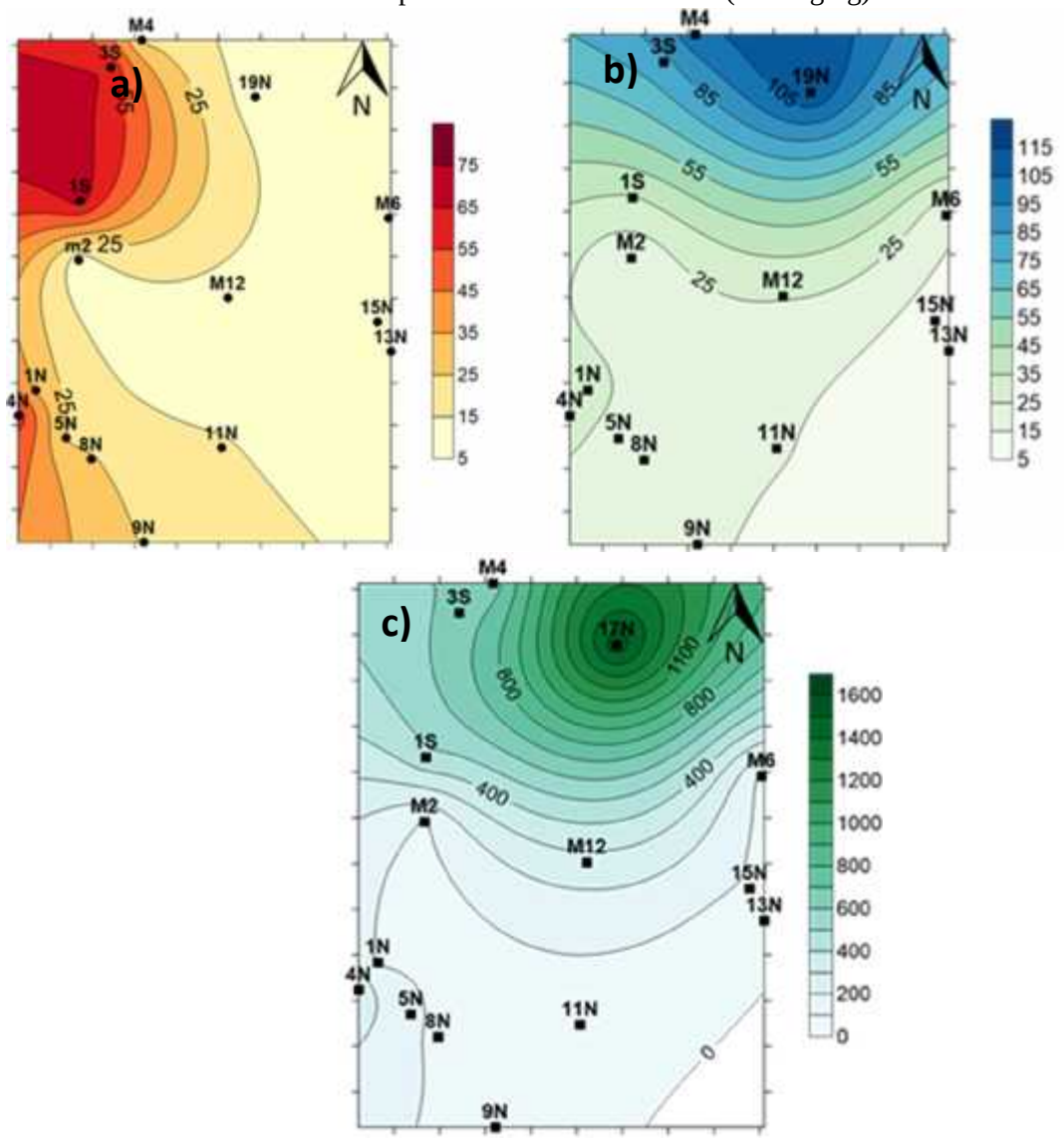


Figura 2. Mapa de Isocurvas de distribucion de metales pesado en la laguna de la zacatecana a) Mercurio, b) Arsenico, c) Plomo.

Conclusiones

La mayor acumulación de metales pesados ocurre en la zona norte de la laguna, siendo similar la distribución del As y Pb, mientras que la mayor acumulación de Hg corresponde a la zona norte-oeste.

La concentración de metales en suelo sobrepasa los límites establecidos por la norma mexicana para suelo con uso agrícola.

Agradecimientos

Al Conacyt por el financiamiento para el proyecto ''La fitorremediación como alternativa para atenuar la contaminación por metales pesados y compuestos organoclorados en Zacatecas'' del cual deriva esta investigación.

Referencias

González Dávila O., Gómez Bernal J.M. y Ruíz Huerta E.A. (2012). Plants and soil contamination with heavy metals in agricultural areas of Guadalupe, Zacatecas, Mexico. En: Environmental Contamination. (J. K. Srivastava, Ed.). InTech. Rijeka, Croacia. 220 pp.

Iskander F.Y., Vega Carrillo H.R.y Manzanares Acuña E. (1994). Determination of mercury and other elements in la Zacatecana Dam sediment in Mexico. Sci. Total Environ. 148, 45-48.

Roane, TM., Josephson KL., Pepper IL. 2001. Dual-bioaugmentation strategy to enhance remediation of cocontaminated soil. Appl. Environ. Microbiol. 67 vol 7. 3208-3215.

Santos Santos E., Yarto Ramírez M., Gavilán García I., Castro Díaz J., Gavilán García A., Rosiles R., Suarez S. y López Villegas T. (2006). Analysis of arsenic, lead and mercury in farming areas with mining contaminated soils at Zacatecas, Mexico. J. Mex. Chem. Soc. 50, 57-63.

SEMARNAT (2007). Norma Oficial Mexicana. NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004. Que establece los criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Diario oficial de la federación. 2 de marzo de 2007.

Zetina Rodríguez MC. 2011. La vida cotidiana en un territorio contaminado La Zacatecana, en Guadalupe, Zacatecas. Tesis de Doctorado. Centro de Investigación y de Estudios Superiores en Antropología Social. Guadalajara Jalisco. 260 pp.

EFECTO DE SALINIDAD E IRRADIANCIA ENLA CINÉTICA DE CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE CLOROFILA EN *Dunaliella* sp., *Tetraselmis* sp., Y UNA CEPA NO IDENTIFICADA DENOMINADA 001

Dávila-Rangel, I.E.[1*]; González-Morales, S.[1]; Mora-Cura, Y.[2]; Robledo-Olivo, A.[1]; Benavides-Mendoza, A.[1*]

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Horticultura, Saltillo, Coahuila. México.
[2]Biorganix Mexicana S.A DE C.V, Ramos Arizpe, Coahuila, México.

*Adalberto Benavides Mendoza: abenmen@gmail.com; Calzada Antonio Narro 1923, Saltillo, Coahuila 25315 México; Tel. +52(844)4110303

Resumen

Las microalgas producen diversos metabolitos secundarios que son aprovechados por la industria biotecnológica. Bajo diversas condiciones de estrés controlado, algunas cepas crecen más o producen mayor cantidad de pigmentos. Por tal motivo se estudió el efecto de salinidad e irradiancia en *Dunaliella* sp., *Tetraselmis* sp., y una cepa aun no identificada denominada 001. Se realizó un ajuste celular inicial por cepa de $1x10^4$ Cel/mL, se probaron cuatro tratamientos; T1=Salinidad de 20 g L^{-1} e irradiancia de 50 µmol m^{-2} s^{-1}. T2=Salinidad de 30 g L^{-1} e irradiancia de 50 µmol m^{-2} s^{-1}. T3= Salinidad de 20 g L^{-1} e irradiancia de 230 µmol m^{-2} s^{-1}. T4= Salinidad de 30 g L^{-1} e irradiancia de 230 µmol m^{-2} s^{-1}. Se evalúo lo siguiente; cinética de crecimiento, concentración de clorofila a (Cla) y clorofila (Clb) y el cociente de clorofila a/b (Cla/Clb). Para *Dunaliella* sp., la mayor concentración celular fue $3.33x10^6$ Cel mL^{-1} en T4 a los 21 días con un contenido máximo de Cla y Clb de 3.1 pg cel^{-1} y 4.8 pg cel^{-1} en T2, el cociente de Cla/Clb fue mayor en T1. En *Tetraselmis* sp., la mayor concentración celular se dio a los 21 días con 3.27 x 10^6 Cel mL^{-1} en T1, una concentración máxima de Cla y Clb de 2.6 pg cel^{-1} en T4 y 6.7 pg cel^{-1} en T2, respectivamente, el cociente de Cla/Clb fue mayor en T3. Para la cepa denominada 001 el mayor crecimiento se dio a los 21 días sin diferencias significativas entre tratamientos con una media máxima de $3.93x10^7$ Cel mL^{-1} en T3. Tanto Cla y Clb se incrementaron en T4, sin diferencias significativas en Cla/Clb.

Palabras clave : Microalgas; clorofila; cinética de crecimiento; irradiancia; salinidad.

Introducción

El uso de microalgas tiene gran potencial biotecnológico debido a sus múltiples aplicaciones tales como: industria alimenticia, cosmética, farmacéutica, producción de biodiesel, bioetanol, acuacultura y en la agricultura. Todo esto debido a la producción de metabolitos como: lípidos, aminoácidos, enzimas, reguladores de crecimiento y pigmentos. Además, son fácilmente cultivables debido a que son organismos fotosintéticos y adaptables a diferentes condiciones de luz, salinidad y nutrientes. Las microalgas contribuyen en 50% de toda la productividad acuática y 25% de la productividad global (Raven y Falkowski, 1999). La cantidad y calidad de luz suplementada por el sol o la luz artificial es uno de los factores más importantes para el desarrollo de los organismos fotosintéticos y para la regulación de varios procesos celulares (Solovchenko *et al.*, 2011; Abiusi *et al*., 2013; Blanken *et al*, 2013). Aunque la luz solar es la fuente de energía de menor costo, para producir microalgas, la luz artificial puede llegar a ser económicamente factible cuando se considera la producción de

biomoléculas de alto valor (Leu *et al.*, 2014). Usar luz artificial puede tener varias ventajas como: la regulación de los fotoperiodos, incrementar la irradiancia para aprovechar los metabolitos producidos por las microalgas y mantener cultivos en constante crecimiento. La adaptación a cambios de luz en periodos cortos ocurre entre minutos o segundos y es mediada por la fosforilación de la fracción móvil del LHC II (por sus siglas en ingles *Ligth-Harvaesting Complex)* del PSII (por sus siglas en inglés Photosystem II) y balances de distribución de energía entre el PSI (por sus siglas en inglés Photosystem I) y PSII (Allen, 1992). La adaptación frente a los cambios de luz por largos periodos, resulta en alteraciones marcadas en la organización molecular del aparato fotosintético y toma varias horas o días (Anderson 1986; Larsson *et al.*1987). La salinidad es otro factor medioambiental que afecta el crecimiento celular y la composición de biomasa de microalgas (Hu, 2004). También se ve afectado el tamaño y la apariencia de las microalgas (Cadoret, 2012). El cociente de clorofila a/ clorofila b (Cla/Clb) debe estar positivamente relacionado con el PSII y el LCHII (Terashima and Hikosaka 1995).

Materiales y Métodos

La presente investigación se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila, México. Utilizando como material experimental tres cepas de microalgas proporcionados por la empresa Biorganix Mexicana S.A DE C.V. (ubicada en Ramos Arizpe, Coahuila, México), dos de las cuales están identificados como *Dunaliella* sp., y *Tetraselmis* sp., la tercera cepa aún no está identificada por lo cual es denominada como 001.
La microalga 001 se considera perteneciente a un género distinto a las otras dos cepas debido a sus diferencias morfológicas observadas en el microscopio (tamaño y forma).

- ***Condiciones de cultivo y tratamientos.***

Los cultivos de mantuvieron en cámaras ambientales independientes, a una temperatura promedio de 23.5°C, en medio de cultivo f/2 (Guillard y Ryther, 1963) preparado bajo dos concentraciones de sal de mar. La iluminación fue suministrada con lámparas fluorescentes, se manejaron dos tipos de irradiancia en cada cámara, con un fotoperiodo de 12:12. A cada matraz se dio una agitación manual por día. El periodo de crecimiento fue de 21 días, se tomaron un total de tres muestreos. Se realizó un ajuste celular inicial por cepa de $1x10^4$ Cel mL^{-1} en un volumen total de 150 mL en matraces Erlenmeyer. Se probaron cuatro tratamientos para cada cepa; T1=Salinidad de 20 g L^{-1} e irradiancia de 50 µmol m^{-2} s^{-1}. T2=Salinidad de 30 g L^{-1} e irradiancia de 50 µmol m^{-2} s^{-1}. T3= Salinidad de 20 g L^{-1} e irradiancia de 230 µmol m^{-2} s^{-1}. T4= Salinidad de 30 g L^{-1} e irradiancia de 230 µmol m^{-2} s^{-1}. Se evalúo lo siguiente; cinética de crecimiento, clorofila a (Cla), clorofila (Clb) y el cociente de clorofila a/b (Cla/Clb).

- ***Determinación de clorofila.***

Se tomó 1 mL de cada cultivo a los 21 días de crecimiento y se colocó en un tubo para micro centrífuga de 1,5 mL de capacidad. Luego de centrifugado a 8000 r.p.m. durante 15 minutos los pigmentos se extrajeron del pellet mediante la adición de 1 mL de metanol al 95%. Las muestras se centrifugaron para precipitar el pellet, se recuperó el sobrenadante en tubos de 1.5 mL seguidamente se procedió a medir la absorbancia de las muestras a 653 y 666 nm para clorofila a y b, en un espectrofotómetro Genesys 10 uv/vis; se midió un blanco de metanol al 95% para cada absorbancia (Ortega *et al* 2004). La concentración expresada en pg cel^{-1} fue determinada a partir de la ecuación propuesta por Wellburn (1994).

- ***Cinética de crecimiento.***

El crecimiento se calculó mediante el recuento de células con un microscopio óptico binocular en una cámara de neubauer (Fabregas *et al*., 1996). Se tomó un muestreo semanal durante tres semanas y se hicieron tres conteos por muestra.

Diseño experimental.

La cinética de crecimiento y la determinación de clorofila se analizó con el paquete estadístico Minitab versión 16, en un diseño completamente al azar, utilizando una comparación de medias por Fisher y un α=0.05. En la cinética de crecimiento la unidad experimental fue un matraz con tres repeticiones por tratamiento y de cada uno se hicieron tres conteos por tres semanas con un total de 108 muestras por cepa. Para la determinación de clorofila la unidad experimental fue un matraz teniendo nueve repeticiones por tratamiento con un total de 36 muestras por cepa.

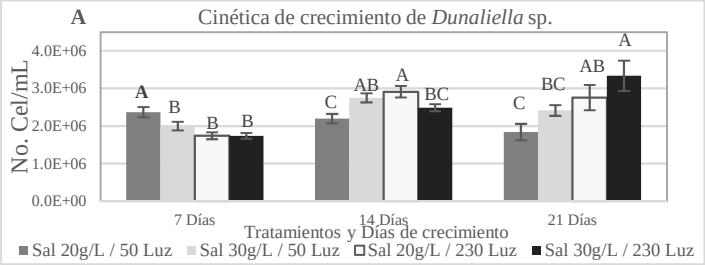
Resultados y Discusión

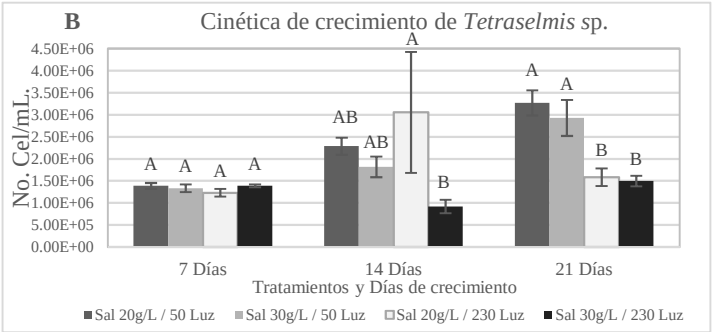
Cinéticas de crecimiento.

Las cinéticas de crecimiento para *Dunaliella* sp., *Tetraselmis* sp., y 001 analizadas de forma independiente se muestran en las Figuras 1A, 1B y 1C, respectivamente. En la Figura 1A, el tratamiento 1 (20 g/L con una irradiancia de 50 µmol m^{-2} s^{-1}), tuvo un buen crecimiento a los siete días de haber comenzado la prueba, sin embargo, a los 14 días y a los 21 días fue disminuyendo el crecimiento. Estadísticamente el mejor tratamiento fue T4 con crecimiento de 3.33 x 10^6 Cel/mL. Esto concuerda con lo mencionado por Avron *et al.* (1991) indica que este género puede alcanzar rango de salinidad de 0.05M (0.03%) a 5.5 M (35%).

En la Figura 1B, el crecimiento de *Tetraselmis* sp., a los 7 días no se detectaron diferencias entre tratamientos. Estadísticamente los mejores tratamientos son el 1 con una media de 3.27 x 10^6 Cel/mL y el tratamiento 2 con 2.93 x 10^6 Cel/mL. Ambos con una irradiancia de 50 µmol m^{-2} s^{-1}.

En la Figura 1C, la microalga denominada 001 muestra diferencias significativas a los 7 días, sin embargo, a los 21 días estadísticamente todos los tratamientos son iguales, el tratamiento 3 (20g L-1 sal de mar y 230 µmol m^{-2} s^{-1} de irradiancia) fue que el obtuvo la media más alta con un crecimiento de 3.93 x 10^7 cel/mL.





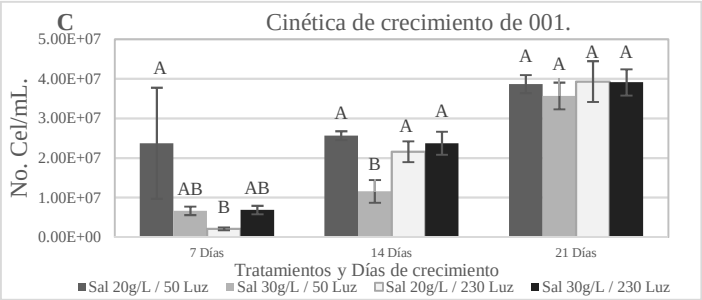


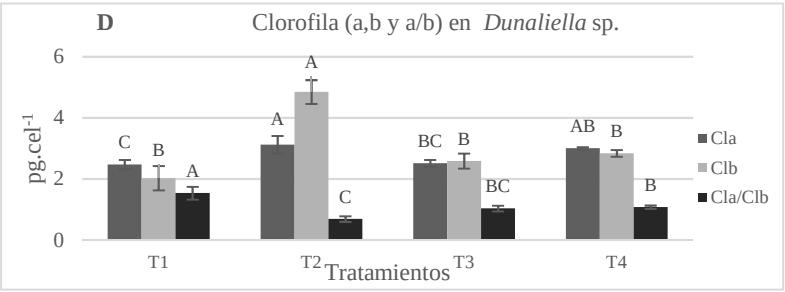
Figura 1. Cinéticas de crecimiento de *Dunaliella* sp., *Tetraselmis* sp., y 001 evaluadas a los 7, 14 y 21 días de crecimiento con dos concentraciones de sales: 20g L^{-1} y 30g L^{-1} e irradiancia de 50 µmol m^{-2} s^{-1} y 230 µmol m^{-2} s^{-1}.

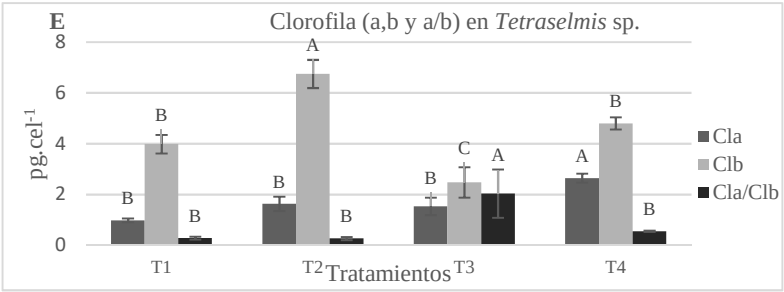
Determinación de clorofila a, b y cociente Cla/Clb

El contenido máximo de Cla para *Dunaliella* sp., es de 3.12 pg cel^{-1} en T2. En *Dunaliella salina* el contenido de Cla oscila en un rango de 0.75 a 17.38 pg cel^{-1} según mencionan Jiménez y Pick (1994) y Orsett y Young (2000). *Dunaliella viridis* tiene un contenido de Cla en un rango de 0.78 a 1.59 pg cel^{-1}. El contenido de Clb, para *Dunaliella* sp., alcanzó una máxima concentración de 4.84 pg cel^{-1} en el T2 y el cociente de Cla/Clb se aprecia en la Figura 2D. En *Tetraselmis* sp. la máxima concentración de Cla fue de 2.65 pg cel^{-1} en el T4 y Clb de 6.75 pg cel^{-1} en T2, el cociente de Cla/Clb fue de 2.03 pg cel^{-1} en el T3. En *Tetraselmis gricelis*, se encontró un contenido de Cla en un rango de 0.3 a 4.9 pg cel^{-1} (Siqueira y Aidar, 1993). En estudios realizados en *Tetraselmis suecica*, en medio suplementado con extracto de *Solanum tuberosum* el cociente de Cla/Clb osciló entre 0.96 a 5.34 pg cel^{-1} (Fábregas *et al.*, 1996).

En la microalga 001, el mayor contenido de Cla, Clb y Cla/Clb fue de 2.64 pg.cel^{-1}, 4.98 pg.cel^{-1} y 0.76 pg.cel^{-1} respectivamente en T4, no se encontraron diferencias significativas en Cla/Clb. En la figura 2, se pueden observar los resultados de la determinación de clorofila para cada cepa.

El aumento de Clb respecto a Cla se debe en parte a que el complejo LHCII contiene mayormente Clb y consecuentemente es más bajo en el cociente de Cla/Clb y que otras clorofilas unidas a proteínas asociadas con el PSII (Green y Durnford.,1996). Además, se menciona que la ruta de degradación de clorofilas solo se ha observado en la Cla, la razón es porque no hay productos degradativos en Clb, se ha demostrado una ruta de Clb a Cla (Ito, et al 1993). Esto explica que los resultados en Cla son menores que Clb, debido a su carácter degradativo.





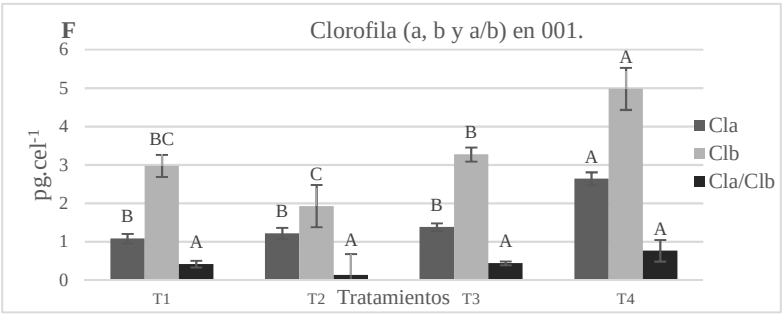


Figura 2. Determinación de clorofila en Dunaliella sp. (2D), Tetraselmis sp. (2E) y 001 (2D), evaluadas a los 21 días, con cuatro tratamientos. T1=Salinidad de 20 g L-1 e irradiancia de 50 µmol m-2 s-1. T2=Salinidad de 30 g L-1 e irradiancia de 50 µmol m-2 s-1. T3= Salinidad de 20 g L-1 e irradiancia de 230 µmol m-2 s-1. T4= Salinidad de 30 g L-1 e irradiancia de 230 µmol m-2 s-1.

Conclusiones

En la cinética de crecimiento la cepa denominada 001 fue la que obtuvo el más alto crecimiento 3.93×10^7 Cel mL^{-1}, además de acuerdo al análisis estadístico se adaptó más fácilmente a cambios por irradiancia y salinidad. *Dunaliella* sp. alcanzó un máximo crecimiento de 3.33×10^6 Cel mL^{-1} en salinidad alta y alta irradiancia. En *Tetraselmis* sp., el mayor crecimiento fue de 3.27×10^6 Cel mL^{-1} en el tratamiento de baja salinidad y baja irradiancia a los 21 días. En la prueba para la determinación de pigmentos, *Dunaliella* sp., es la cepa que produjo mayor cantidad de Cla (3.12 pg cel^{-1}). En las tres especies de microalgas la Clb, se encontró en mayor proporción que la Cla.

Referencias

Allen, J.F. 1992. Protein phosphorylation in regulation of photosynthesis. Biochim. Biophys. Acta 1098, 275-335.

Anderson, J.M. 1986. Photoregulation of the composition, function and structure of thylakoid membranes. Ann. Rev. PlantPhysiol. 37, 93-136.

Avron, M. Katz, A. Bental, M. Degani H. (1991). In Vivo pH Regulation by a Na+/H+ Antiporter in the Halotolerant Alga Dunaliella salina.Plant physiology 96, 110-115.

A. Solovchenko, I. Khozin-Goldberg, L. Recht, S. Boussiba. 2011. Stress-induced changes in optical properties, pigment and fatty acid content of Nannochloropsis sp.: implications for non-destructive assay of total fatty acids, Mar. Biotechnol. 13, 527–535.

Cadoret, J.-P., Bardor, M., Lerouge, P., Cabigliera, M., Henriquez, V., & Carlier, A. 2008. Les microalgues: Usines cellulaires productrices de molécules comerciales recombinantes. Medecine Science, 24, 375–382.

Fábregas, J., M. Patiño, E. Morales, B. Cordero y A. Otero. 1996. Optimal renewal rate and nutrient concentration for the production of marine microalga Phaeodactylum tricornutum in semicontínuos cultures: Applied Environ. Microbiol. 62: 266-268.

F. Abiusi, G. Sampietro, G. Marturano, N. Biondi, L. Rodolfi, M. D'Ottavio, M.R. Tredici. 2013. Growth, photosynthetic efficiency, and biochemical composition of Tetraselmis suecica F&M-M33 grown with LEDs of different colors, Biotechnol. Bioeng. 111, 956–964.

Green B.R. & Durnford D.G. 1996. The chlorophyll-carotenoid proteins of oxygenic photosynthesis. *Annual Review of and Plant Molecular Biology* 47**,** 685–714.

Guillard, R.R.L., Ryther, J.H. 1962. Studies of marine planktonic diatoms. I. Cyclotella nana Hustedt and Detonula confervacea (Cleve) Gran. Can. J. Microbiol. 8, 229-239

Hu, Q., 2004. Environmental effects on cell composition. In: Richmond, A. (Ed.), Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, pp. 83–94.

Ito H, Tanaka Y, Tsuji H, Tanaka A. 1993. Conversion of chlorophyll *b* to chlorophyll *a* by isolated cucumber etioplasts. Archives Biochem. Biophys. 306, 148-151

Cadoret Jean-Paul, Garnier Matthieu, Saint-Jean Bruno (2012). Microalgae, Functional Genomics and Biotechnology. Book Advances in Botanical Research, 64, 285.

Larsson, U.K., Anderson, J.M., Andersson, B. 1987. Variations malta algorithm the relative content of the peripheral and inner light-harvesting chlorophyll a/b-protein complex (LHC II) subpopulations during thylakoid light adaptation and development. Biochim.Biophys. Acta 894, 69-75

Ortega, J. Moronta, R y Morales, E. 2004. Influencia del acetato sobre el crecimiento y contenido de pigmentos de la microalga *Chlorella* sp. Ciencia 12, 25-31.

Raven, J. A., & Falkowski, P. G. 1999. Oceanic sinks for atmospheric CO2. Plant, Cell and Environment, 22, 741–755.

S. Leu, S. Boussiba, Advances in the production of high-value products by microalgae. Ind. Biotechnol. 10, 2014. 169–183.

Siqueira, T y Aidar E. 1993.Salinity and temperatura effects on the growth and chlorophyll-a content of some plancktonic algae. Blom Inst. oceanogr., S Paulo, 41, 95-103.

Terashima I. & Hikosaka K. 1995. Comparative ecophysiology of leaf and canopy photosynthesis. *Plant, Cell and Environment* 18**,** 1111–1128.

W. Blanken, M. Cuaresma, R.H. Wijffels, M. Janssen, 2013. Cultivation of microalgae on artificial light comes at a cost, Algal Res. 2, 333–340, http://dx.doi.org/10.1016/j.algal.2013.09.004.

Wellburn A. 1994. The Spectral Determination of Chlorophylls *a* y *b*, as well as Total Carotenoids, Using Various Solvents with Spectrophotometers of Different Resolution. Plant Physiol. 144, 307-313.

RENDIMIENTO Y CALIDAD DE TOMATE EN SISTEMAS HIDROPÓNICOS ABIERTO Y CERRADO

De la Rosa-Rodríguez, R.[1]; Lara-Herrera, A.[2*]; Lozano-Gutiérrez, J.[2]; Padilla-Bernal, L.E.[3]; Avelar-Mejía, J.J.[2]; Castañeda-Miranda, R.[1]

[1]Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, Zacatecas, México.
[2]Unidad Académica de Agronomía, Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), Zacatecas, Zacatecas, México.
[3]Unidad Académica de Contaduría y Administración, UAZ, Zacatecas, Zacatecas, México.

*Autor responsable: alara204@hotmail.com; Jardín Juárez # 147, Col. Centro, Zacatecas, Zacatecas. México. CP 98000; Tel. +52(492)-9256690, Ext. 2707

Resumen
El tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) es una de las hortalizas más importantes del mundo y su cultivo va en aumento, gracias al uso de tecnologías en su cultivo como invernaderos e hidroponía se tiene una alternativa de producción y oportunidad de comercialización. Los sistemas hidropónicos son abiertos, cuando el exceso de la solución nutritiva que drena no es reusado y es desechado, y son cerrados, cuando la solución nutritiva excedente es recuperada, regenerada y reusada en el mismo cultivo. El objetivo de este trabajo de investigación fue conocer las diferencias en producción y calidad de un sistema hidropónico cerrado en comparación con uno abierto en cultivo de tomate de variedad el Cid, utilizando macetas con sustrato perlita fina previamente utilizado. Se midió el número, tamaño, peso y rendimiento de frutos y la calidad de los frutos en dos etapas de la producción (potencial de Hidrógeno, sólidos solubles, acidez e índice de madurez en zumo) en tres índices de madurez. No hubo diferencia significativa en las variables de calidad evaluadas en los tres índices de madurez medidos en dos etapas. Hubo diferencia significativa sólo para el diámetro ecuatorial de fruto, sin embargo, no para número y peso de frutos, por lo cual el sistema cerrado es una alternativa de producción potencialmente comparable con el sistema abierto.

Palabras clave:
Lycopersicum esculentum Mill; Recirculación; Sistema Cerrado; Hidroponia.

Introducción
El cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) es una de las hortalizas más importantes y extendidas en todo el mundo (Al-Omran *et al*., 2010). El sistema de producción puede ser a cielo abierto, directamente en el suelo, o en invernadero (Quintero *et al*., 2006).

En México, existen alrededor de 20,000 hectáreas bajo agricultura protegida de las cuales el 66% corresponden a invernaderos y 34% a otras estructuras (SIAP, 2014). El uso de invernaderos representa una alternativa para el cultivo de tomate debido a que le brindan condiciones más favorables en diversos factores de clima (temperatura, radiación solar, viento, humedad, entre otros) presentes en muchas zonas hortícolas. Muchos suelos presentan elevado deterioro de sus propiedades físicas, químicas y fitosanitarias y son poco productivos y por tanto poco rentables; además, las condiciones limitantes de agua en nuestro país y en general a nivel mundial exigen un uso más eficiente de este recurso para la producción de hortalizas. Más del 80% del agua consumida en agricultura protegida se extrae de los mantos acuíferos, pero el 44% de ellos está sobre explotado

(CNA, 2011). Ante estas condiciones, la hidroponía es una alternativa para mantener la productividad de las zonas de agricultura protegida. Además, el uso de invernaderos con hidroponía representa una técnica que permite obtener producción más alta por unidad de superficie (Magaña-Lira *et al*., 2013).

Los sistemas hidropónicos han sido clasificados como abiertos, donde el exceso de la solución nutritiva (SN) que drena no es reusado y es dirigido al suelo y a las aguas subterráneas; y sistemas cerrados, donde la SN excedente es recuperada, regenerada y reciclada en un sistema de recirculación cíclico (Ehret *et al*., 2001). Los sistemas abiertos, a menudo han sido vistos como derrochadores de SN, debido a que el exceso drena como desecho, esto trae como consecuencia la elevación de costos y contaminación del suelo y aguas subterráneas (Pardossi, 2011; Sánchez-Del Castillo *et al*., 2014). En los sistemas hidropónicos cerrados es más eficiente que en otros sistemas (abiertos) el uso del agua y los nutrimentos que se aplican al cultivo y también se minimiza la contaminación; sin embargo, un aspecto que limita la reutilización de la SN es la obtención de un rendimiento menor (Rosberg, 2014), disminución de la calidad, acumulación de algunos elementos químicos y desbalance entre los nutrimentos (Sánchez-Del Castillo *et al*., 2014) y el riesgo de diseminación de enfermedades (Déniel *et al*., 2006).

La presente investigación tuvo como objetivo comparar la producción y calidad de frutos entre un sistema hidropónico abierto y uno cerrado, utilizando un cultivo de tomate en sustrato perlita reutilizado de tres ciclos anteriores de producción.

Materiales y Métodos

La investigación se llevó a cabo en una nave de invernadero de 256 m^2, con control pasivo del clima, establecida en la Unidad Académica de Agronomía de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Las coordenadas geográficas son 22° 43' 42" de Latitud Norte y 102° 40' 58" de Longitud Oeste.

Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron dos tratamientos, que consistieron en dos sistemas hidropónicos: uno cerrado (con recirculación de la SN) y otro abierto (sin recirculación de la SN). En el sistema cerrado, la SN drenada fue filtrada y captada en un depósito de 200 L de capacidad, de ahí fue bombeada a un contenedor de 1000 L, donde se restauró en conductividad eléctrica (CE), pH y los macronutrientes que la planta consume en mayor cantidad (NO_3^- y K^+); posteriormente esta solución restaurada se inyectó nuevamente como solución nueva en el sistema de irrigación. En el sistema abierto, la SN drenada se filtró y se captó en un contenedor de 200 L y después de ser restaurada se envió a otro de 700 L, para posteriormente usarla en un cultivo alterno bajo condiciones de invernadero en otra nave, para evitar su desperdicio y contaminación del suelo en las camas de cultivo y también disminuir la pérdida económica por agua y fertilizantes utilizados (30 y 20%, respectivamente). La unidad experimental estuvo constituida por una cama de 16 m de longitud y 70 cm de ancho, la cual contuvo 65 macetas de polietileno con dos plantas cada una de la variedad "El Cid" de hábito de crecimiento indeterminado, en sustrato de perlita (fina) usado previamente en tres ciclos de cultivo, teniéndose una densidad de 4.0 plantas m^{-2}. Cada tratamiento se llevó a cabo con cuatro repeticiones, estableciéndose un diseño experimental en bloques al azar.

Variables medidas

Número, tamaño, peso y rendimiento de frutos. Se realizó un conteo del número de frutos por planta cosechados en 20 cortes. El tamaño de frutos cosechados se obtuvo (en mm) con un vernier digital

Scala™ midiendo los diámetros ecuatorial y polar de los frutos. Los frutos fueron pesados en una báscula digital EK-200i con precisión de 0.01 g, al momento de cosecharlos; una vez pesados fueron clasificarlos con la siguiente escala: 1ra (>130 g), 2da (100-130 g) 3ra (60-100 g) y 4ta (<60 g).

Calidad de fruto. Para evaluar la calidad se tomó una muestra de cinco frutos con el mismo índice de madurez (color) en dos etapas de la producción (racimos 3 y 7). Los frutos fueron triturados y molidos en un extractor marca Krups 267. El jugo fue exprimido en una fibra de malla 80 y se utilizó para determinar:

pH de jugo. Este parámetro se midió en una muestra de 50 mL de jugo, con un conductivímetro marca Hanna, modelo Conductronic 200.

Acidez titulable. Se determinó mediante el método usado por Navarro-López *et al*. (2012) y San Martín-Hernández *et al*. (2012). La acidez titulable en porcentaje (AT %) se expresó como porcentaje de ácido cítrico y se determinó con la siguiente fórmula: AT (%)= [VNaOH (ml) x NNaOH (meq/ml) x ácido cítrico (0.064 g/meq)/V de jugo (ml)] x 100.

Sólidos solubles totales (SST) en grados Brix. Se midió con un refractómetro marca ATAGO, modelo N-1E, con rango de lectura de 0 a 32 °Brix.

Índice de madurez. El índice de madurez (IM) se calculó con el método usado por San Martín-Hernández *et al.* (2012), obteniendo la relación entre SST y AT.

Análisis estadístico
Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de medias (Tukey 0.05). El análisis se realizó en el programa SAS (Stadistical Analysis System) versión 9.4.

Resultados y Discusión

Rendimiento
El rendimiento no fue diferente entre los sistemas hidropónicos abierto y cerrado (Cuadro 1); estos rendimientos son mayores en 12% a los obtenidos por Sánchez-Del Castillo *et al*. (2014), la presente investigación proporcionó resultados similares a los obtenidos por estos autores y a Nakano *et al*. (2010) ya que no encontraron diferencias significativas utilizando sustratos distintos y nuevos y diferentes sistemas hidropónicos abiertos y cerrados en cultivo de tomate.

Componentes del Rendimiento
Número de frutos. El número de frutos por planta no fue diferente entre los sistemas hidropónicos abierto y cerrado (Cuadro 1), los resultados obtenidos son similares a los obtenidos por Urrieta-Velázquez *et al*. (2012) al usar una selección de tomate de costilla.

Tamaño de frutos. Sólo el diámetro ecuatorial de fruto fue diferente significativamente entre los tratamientos evaluados (Cuadro 1), el sistema abierto presentó el valor más alto; no hubo diferencia significativa para el diámetro polar de fruto; los resultados de ambos sistemas hidropónicos son similares a los de Ucan *et al*. (2004) en su categoría de fruto mediano en el cultivar "Daniela" (que produce en mayor cantidad frutos de aproximadamente 5-6 cm).

Peso de frutos. El peso de los frutos tampoco fue diferente significativamente entre ambos tratamientos (Cuadro 1), sin embargo, el sistema hidropónico abierto presentó un peso medio por fruto superior solo 3.4% respecto al sistema cerrado, lo cual puede deberse principalmente a que la SN del sistema abierto está en mayor equilibrio que la reutilizada en el sistema cerrado (Sánchez-Del Castillo *et al*., 2014). Se determinó que la categoría de tercera (60-100 g) predominó (75-100%) en ambos tratamientos.

Cuadro 1. Efecto de sistemas hidropónicos abierto y cerrado en rendimiento y calidad de tomate.

Sistema Hidro-pónico	FP	Diámetros (mm)		PF (g)	Ren (kg m^{-2})	pH	SST	AT (%)	IM
		Polar	Ecuatorial						
Abierto	46.54a	62.18ª	49.97a	94.18a	17.5a	4.36a	5.34a	0.21a	26.74a
Cerrado	45.81a	61.95ª	47.84b	92.48a	16.9a	4.42a	5.24a	0.22a	25.76a
DMS	2.24	2.10	1.67	21.60	3.94	0.17	0.30	0.02	4.24

Medias con la misma letra dentro de columnas no presentan diferencias significativas (Tukey, 0.05).
DMS = Diferencia Mínima Significativa.
FP = Frutos por planta; PF = Peso por Fruto; Ren = Rendimiento; SST = Sólidos Solubles Totales;
AT = Acidez Titulable; IM = Índice de Madurez

Calidad de fruto

pH de jugo. El pH no fue diferente entre los frutos de cada tratamiento (Cuadro 1). Los resultados obtenidos coinciden con los encontrados por Peña *et al*. (2013).

Acidez titulable. No hubo diferencia significativa entre tratamientos (Cuadro 1). Los valores obtenidos están dentro del rango que reportan Bugarin-Montoya *et al*. (2002) (0.19-0.32%). En tomates frescos hidropónicos la AT es muy variada, ya que puede tener valores de 0.19 a 0.45% (Dobricevic *et al*., 2007), o hasta de 0.63% (Arias *et al*., 2000) lo cual concuerda con los valores encontrados en la presente investigación.

Sólidos solubles totales (SST) en grados Brix. No hubo diferencia significativa entre sistemas hidropónicos, ambos sistemas tuvieron valores superiores a los encontrados por Rivas *et al*. (2012) de 4.57 a 5.10 °Brix. Los SST (°Brix) son un parámetro de calidad del fruto que varía con la conductividad eléctrica de la solución nutritiva y el estrés hídrico del fruto durante su desarrollo (Céspedes *et al*., 2004).

Índice de madurez. Se vio afectado directamente por los SST, a pesar de que no hubo diferencia significativa entre tratamientos se obtuvieron valores entre 26.7 y 25.7 (abierto y cerrado) siendo mayores a los observados por Rivas *et al.*, (2012) (13.59 a 18.28) y Bugarín-Montoya *et al.*, (2002) (12.98 a 19.79). Si la relación es mayor a 10 los frutos son considerados de buena calidad.

Conclusiones

El rendimiento de tomate no fue diferente entre los sistemas hidropónicos con y sin recirculación de la solución nutritiva establecidos en invernadero. Sólo hubo diferencia significativa para el diámetro ecuatorial del fruto, pero no para número y peso de frutos. No hubo diferencia significativa en ninguna variable de calidad entre ambos sistemas hidropónicos. El uso de un sistema hidropónico cerrado resulta una alternativa potencialmente comparable con el sistema abierto en rendimiento y calidad de producción.

Referencias

Al-Omran, A.M., A.R. Harbi, M.A., Wahb-Allah, M., Nadeem, and A. Al-Eter. 2010. Impact of irrigation water quality, irrigation systems, irrigation rates and soil amendments on tomato production in sandy calcareous soil. Turk Journal Agriculture 34: 59-73.

Arias, R., Lee, T. C., Specca, D., Janes, H. 2000. Quality comparison of hydroponic tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) ripened on and off vine. Journal of Science 65(3): 545-548.

Bugarin-Montoya, R., Galvis-Spinola, A., Sánchez-García, P., García-Paredes, P. 2002. Demanda de potasio del tomate tipo saladette. Terra 20: 391-399.

Céspedes, A. M. G., Sanjuán, M. D. C. S., & Gavilán, M. U. 2004. Producción y calidad en el cultivo de tomate cherry, pp. 703-747. In: Tratado de Cultivos sin Suelo. Urrestarazu-Gavilán, M. (ed.). Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.

CNA (Comisión Nacional del Agua). 2011. Disponibilidad del agua subterránea. Gobierno Federal. SEMARNAT.CONAGUA. México: CNA. http://www.conagua.gob.mx/.

Déniel, F., Renault, D., Tirilly, Y., Barbier, G., & Rey, P. 2006. A dynamic biofilter to remove pathogens during tomato soilless culture. Agronomy for sustainable development 26(3): 185-193.

Dobricevic, N., Voca, S., Benko, B., Pliestic, S. 2007. The quality of fresh tomato fruit produced by hydroponic. Agriculturae Conspectus Scientificus 72(4): 351-355.

Ehret, D., Alsanius B., Wohanka, W., Menzies, J., Utkhede, R. 2001. Disinfestation of recirculating nutrient solutions in greenhouse horticulture. Agronomie *EDP Sciences* 21 (4): 323-339.

Magaña-Lira, N., Peña-Lomelí, A., Sánchez-del Castillo, F., Rodríguez-Pérez, J. E., & Moreno-Pérez, E. D. C. 2013. Comportamiento productivo de híbridos F1 de tomate y sus poblaciones F2. Revista Fitotecnia Mexicana 36(4): 371-379.

Nakano, Y., H. Sasaki, A. Nakano, K Suzuki, and M. Takaichi. 2010. Growth and yield of tomato plants as influenced by nutrient application rates with quantitative control in closed rockwool cultivation. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 79(1): 47-55.

Navarro-López, E. R., Nieto-Ángel, R., Corrales-García, J., García-Mateos, M. D. R., & Ramírez-Arias, A. 2012. Calidad poscosecha en frutos de tomate hidropónico producidos con agua residual y de pozo. Revista Chapingo. Serie horticultura 18(3): 263-277.

Pardossi A., Carmassi G., Diara C., Incrocci L., Maggini R., Massa D. 2011. Fertigation and Substrate Management in Closed Soilless Culture. University of Pisa. Euphoros. 63 p.

Peña, M. Y., Casierra-Posada, F. Á. N. O. R., & Monsalve, O. I. 2013. Producción hidropónica de tomate (Solanum lycopersicum L.) en cascarilla de arroz mezclada con materiales minerales y orgánicos. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas 7(2): 217-227.

Quintero, M. F., C. A. González, and V. J. Florez-Roncancio. 2006. Physical and hydraulic properties of four substrates used in the cut-flower industry in Colombia. Acta Hort. 718: 499-506.

Rivas, M. P., Albarracín, M., Moratinos, H., & Navas, F. Z. 2012. Rendimiento y calidad de fruto en cuatro cultivares de tomate (Solanum lycopersicum L.) bajo condiciones protegidas. Revista de la Facultad de Agronomía 29(3): 395-412.

Rosberg, A.K. 2014. Dynamics of root microorganisms in closed hydroponic cropping systems. Faculty of Landscape Architecture, Horticulture and Crop Production Science. Thesis doctoral. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae 2014:51, 62 p.

San Martín-Hernández, S., Ordaz-Chaparro, V. M., Sánchez-García, P., Colinas-Leon, B., María, T., & Borges-Gómez, L. 2012. Calidad de tomate (Solanum lycopersicum L.) producido en hidroponia con diferentes granulometrías de tezontle. Agrociencia 46(3): 243-254.

Sánchez-Del Castillo, F., E.C. Moreno-Pérez, J. Pineda-Pineda, J.M. Osuna, J.E. Rodríguez-Pérez, y T. Osuna-Encino. 2014. Producción hidropónica de jitomate (Solanum licopersicum L.) con y sin recirculación de la solución nutritiva. Agrociencia 48: 185-197.

SIAP STATISTICS. 2014. Crops data [En línea]. Disponible en http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/.

Ucan, C. I., Sánchez del Castillo, F., Contreras, M. E., Corona, S. T. 2004. Efecto de la densidad de población y raleo de frutos sobre el rendimiento y tamaño del fruto en tomate. Revista Fitotecnia Mexicana 28 (1): 33-38.

Urrieta-Velázquez, J. A., Rodríguez-Mendoza, M. D. L. N., Ramírez-Vallejo, P., Baca-Castillo, G. A., Ruiz-Posada, L. D. M., & Cueto-Wong, J. A. 2012. Variables de producción y calidad de tres selecciones de jitomate de costilla (Solanum lycopersicum L.). Revista Chapingo. Serie horticultura 18(3): 371-381.

ARSÉNICO EN EL AGUA DE RIEGO EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE FRESA (*Fragaria x ananassa* Duch.)

Díaz-Serrano F.R.[1*], Martínez-Jaime O.A.[1], Rucoba-García, A.[1], González-Elías J.M.[1], Cano-Rodríguez, I.[2].

[1]DICIVA. Campus Irapuato-Salamanca. Universidad de Guanajuato. Irapuato, Gto., México.
[2]DCNE. Campus Guanjuato. Universidad de Guanajuato. Guanajuato. Gto. México.
*Autor responsable: Fdiaz@ugto.mx. Km 9 carretera Irapuato-Silao, Ex Hda. El Copal, Irapuato, Gto. México. C.P. 36050. Tel: 52 + 462-6248678 Ext. 5212.

Resumen
Se estableció un experimento para determinar el efecto del Arsénico (As) en el agua de riego sobre el crecimiento y rendimiento en el cultivo de fresa en un sistema con sustrato de lana de roca en condiciones de invernadero. Los tratamientos fueron: T1- solución con agua con As y T2-solución con agua sin arsénico (As). Las plantas de fresa fueron de la variedad Camino Real (Día Corto). Las concentraciones de As en el agua de riego variaron entre 22 y 55 µg l^{-1}, mientras que en el tratamiento T2 variaron entre 6 y 11 µg L^{-1}. De acuerdo con las concentraciones de As determinadas en los diversos órganos de las plantas de fresa el orden de acumulación de As fue raíz, corona y hoja. No se detectó As en los frutos de fresa en ninguno de los dos tratamientos. Las pruebas de t indican que las medias de las variables en peso fresco cuantificadas para determinar el crecimiento fueron estadísticamente diferentes. Los pesos frescos de los diversos órganos de las plantas de fresa en el T1 se vieron afectadas entre un 35 y un 49 %. En relación al rendimiento, se efectuaron 18 cortes de fresa y en todos, el T2 mostró mayores rendimientos. El rendimiento total expresado en kg ha^{-1} en el T2 fue de 16,369.61 kg ha^{-1}, mientras que el rendimiento total obtenido en el T1 fue de 9,283.10 kg ha^{-1}, habiendo una diferencia de 7,082.51 kg ha^{-1}, representando un 46.23 % menos de rendimiento en el T1.

Palabras clave: agua, arsénico, fresa.

Introducción
En la región del Bajío existen algunos pozos de agua para riego con concentraciones de As mayores a las recomendadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el agua para beber, que es de 10 µg L^{-1}. La NOM-127-SSAI-2000, establece una concentración máxima permisible en aguas de 0.025 mg L^{-1}. Las plantas toman el As en forma de arseniato por medio de un transportador de fosfatos (Tripathi *et al*., 2007). Una vez que el arsénico penetra al citoplasma, al ser análogo al fosfato, el arsénico reemplaza al fosfato en el ATP, formando complejos inestables ADP-As lo que trae como consecuencia una interrupción en el flujo de energía en las células (Meharg, 1994). Estudios sobre la toxicidad del As en plantas muestran que sufren un estrés considerable cuando se exponen al As, presentando síntomas desde reducción en la tasa fotosintética (Estoeva, 2003) e inhibición del crecimiento de la raíz hasta la muerte (Poliouris and Huntchinson, 1991).

En algunos cultivos al utilizar agua de riego con As, algunas partes comestibles de las plantas pueden llegar a acumular concentraciones de As que pueden causar daño a la salud humana, especialmente los cultivos que se consumen por su raíz; como la remolacha y el rábano. En segundo lugar las espinacas y hierbas y en tercer término las semillas y frutos que contienen los valores más bajos de As (Woolson *et al*., 1973; Walsh y Keeney, 1975). En el caso de los cultivos que se consumen por sus frutos el problema es diferente debido a que en general estos no llegan a acumular concentraciones

de As que puedan dañar la salud humana, sin embargo, su efecto es sobre el crecimiento y el rendimiento de los mismos. Se tiene información para el caso de jitomate que concentraciones de As que alcancen 4.5 ppm en la planta completa y 0.7 ppm en el fruto disminuyen el rendimiento hasta un 50%, de tal manera que de antemano el cultivo puede llegar a no ser negocio para el agricultor (Woolson, 1973). Existen diferencias en la absorción de As dependiendo de la especie vegetal, existiendo también una diferencia entre cultivos de invierno y de verano, aún con los mismos niveles de As disponibles para ser absorbidos (Johnson y Hiltbolt, 1969).

El problema de toxicidad de As en el agua de riego es más drástico en el caso de cultivos que se desarrollan en sistemas hidropónicos, que éstos mismos cuando crecen en condiciones de suelo, debido a que el suelo adsorbe ciertas cantidades de As haciéndolo menos disponible para que las raíces de las plantas lo puedan absorber. De acuerdo con Sheppard (1992), el As inorgánico es cinco veces más tóxico en suelos arenosos y limosos (límite 40 mg kg^{-1}) que en suelos arcillosos (media geométrica 200 mg kg^{-1}). El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del As presente en el agua de riego sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de fresa.

Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo durante el periodo del 16 de octubre de 2014 al 3 de marzo de 2015, en un invernadero de 1,000 m^2 (24.0 X 41.6 m). El invernadero pertenece al Departamento de Agronomía, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca de la Universidad de Guanajuato, ubicado en la comunidad de "El Copal" en el municipio de Irapuato, Gto., en el km 9 de la carretera Irapuato-León.
El sustrato utilizado fue lana de roca (Agrolan) en su presentación de bolis con cubierta plástica blanca, de dimensiones de 1.0 X 0.20 X 0.07 m, con un volumen total de 14 litros, colocados sobre bases de polipropileno de color blanco y canaleta plástica para colectar los drenajes y sacarlos al exterior del invernadero.

Los bolis se colocaron en una disposición de 12 líneas por nave, en grupos de 3 bolis dejando espacios para pasillos. Se trasplantaron 5 plantas de fresa con raíz desnuda en cada boli a una distancia de 20 cm en una disposición de 3 bolillo, obteniendo una densidad de plantas de 82,191 por ha. Para el riego se instaló un sistema con piquetas con capacidad de entregar 1 l por hora. Las plantas de fresa fueron de la variedad Camino Real (Día Corto). El equipo de tratamiento para la disminución de la concentración de As en el agua de riego constó de un tanque-filtro de 100 L de capacidad con arena y un tanque-filtro de 100 L de material denominado Titansorb con base en óxido de titanio (TiO_2). El agua que salió del tanque con bajas concentraciones de As se almacenó en dos tanques de 5,000 l, teniendo una disposición diaria de aproximadamente 10,000 L. Con esta agua se prepararon las soluciones nutritivas madre en el tratamiento de solución nutritiva con agua sin As y se diluyeron con la misma agua para obtener la solución nutritiva final. Para suministrar las soluciones nutritivas a los respectivos tratamientos se tuvieron dos sistemas de fertirrigación; uno para la solución nutritiva con agua con arsénico y el otro para la solución nutritiva con agua sin As, ambos sistemas con 4 tanques de 1,000 L para preparar las soluciones nutritivas madre.

El riego de las plantas de fresa se manejó con el control del pH y la conductividad eléctrica del drenaje, estableciendo una unidad arriba en cada caso para realizar un lavado del sustrato. En general el pH de las soluciones nutritivas suministradas a las plantas de fresa fluctuaron entre 5.0 y 5.5 y una conductividad eléctrica no mayor a 1 dS m^{-1}. La frecuencia de los riegos fue entre 30 y 60 minutos por dos minutos, aplicando aproximadamente 30 mL de solución nutritiva por piqueta. El número de riegos fluctúo entre 14 y 16 riegos diarios. Durante la etapa vegetativa del cultivo se manejó una

solución nutritiva base con una relación nitrato: amonio de 60 : 40 en porcentaje y en meq por litro con 7.2 NO_3, 1.0 H_2PO_4, y 6.8 de SO_4, 4.2 de K, 4 de Ca, 2 de Mg y 4.8 de NH_4. y para la solución en la etapa de producción se preparó con una relación en porcentaje de 75 : 25 y en meq L^{-1} 6.75 NO_3, 1.5 H_2PO_4, 10.50 de SO_4, 12 de K, 2.50 de Ca, 2.0 de Mg y 2.25 de NH_4, utilizando nitrato de calcio, nitrato de potasio, fosfato monopotásico, sulfato de magnesio y sulfato de amonio. Los micronutrimentos en ambas soluciones se manejaron en ppm con 2.8 Fe (EDTA), 0.5 de Mn ($MnSO_4$), 0.045 de Cu ($CuSO_4$. $5H_2O$), 0.05 de Zn ($ZnSO_4.7H_2O$), 0.5 de B (H_3BO_3) y 0.001 de Mo $(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$).

Cada mes durante los meses de octubre de 2014 a febrero de 2015 se tomaron muestras del agua del pozo y del agua del filtro de Titansorb para determinar las concentraciones de As a las que estuvieron expuestas las plantas de fresa. A partir del mes de diciembre y cada mes durante el experimento se tomaron al azar 20 plantas de fresa para determinar las siguientes variables de crecimiento: peso fresco total de planta, peso fresco de raíces, peso fresco de parte aérea, peso fresco de corona, peso fresco de hojas y peso fresco de frutos por planta. Se determinaron las concentraciones de As en muestras compuestas de raíz, corona, hojas y frutos de las 20 plantas tomadas para cuantificar las variables de crecimiento. La cuantificación de As se hizo en un espectrofotómetro de absorción atómica de flama, Marca Perkin Elmer AAnalist 100, acoplado a un generador de hidruros (Perkin Elmer). En las variables de crecimiento se aplicaron pruebas de "t" para determinar la igualdad o no igualdad entre las medias. Los rendimientos de fresa se cuantificaron en cada uno de los 18 cortes de fresa realizados durante el periodo del experimento y se sumaron para determinar el rendimiento total de fresa durante el periodo de evaluación.

Resultados y Discusión

Determinación de As en el agua de riego

Las concentraciones de As en el agua del pozo, variaron entre 55 µg L^{-1} en octubre de 2014 y 22 µg L^{-1} en enero de 2015, con un promedio de 34.2 µg L^{-1}. El agua que pasó a través del filtro de Titansorb presentó valores entre 6 y 11 µg L^{-1}, con un promedio de 9.4 µg L^{-1}. Por otro lado, las concentraciones de As en tres de los fertilizantes utilizados para preparar las soluciones nutritivas fueron muy bajas y se presentan en el cuadro 2. En el fosfato monopotásico, el sulfato de magnesio y el sulfato de amonio no se detectó As.

Cuantificación de arsénico en plantas

En el cuadro 1, se presentan las concentraciones de As determinadas en los órganos de las plantas de fresa que crecieron en las soluciones nutritivas con As y sin As. No se detectó la presencia de As en ninguno de los órganos de las plantas de fresa antes del trasplante. El orden de acumulación de As de más a menos en las plantas de fresa en la solución con As fue: raíz, corona y hojas, especialmente si tomamos en consideración los datos correspondientes a la fecha del 16/02/2015. No se detectó As en los frutos de fresa en ninguno de los dos tratamientos. En el tratamiento con solución con agua con As se presentaron altas concentraciones de As en raíz y corona principalmente y en hojas en menor concentración, pero no en frutos. Lo anterior indica que no hay translocación o suficiente movimiento del As de las raíces, corona u hojas hacia los frutos de fresa. El U.S. Public Health Service establece que la concentración límite de As para partes comestibles como frutos, cultivos y vegetales, es de 2.6 mg kg^{-1} con base en peso fresco.

Cuadro 1. Concentraciones de As (mg kg^{-1}) en órganos de plantas de fresa creciendo en solución nutritiva con agua con As (T1) y agua sin As (T2).

	16/12/2014		16/01/2015		16/02/2015	
Órgano	As T1	As T2	As T1	As T2	As T1	As T2
Raíz	2.71	3.30	33.56	2.77	34.02	n.d.
Corona	19.94	n.d.	27.53	n.d.	24.92	n.d.
Hoja	4.88	n.d.	2.98	n.d.	6.72	n.d.
Frutos	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Total	27.53	3.30	64.07	2.77	65.66	0.00

n.d. = no detectado

Partiendo de un promedio de 34.2 µg L^{-1} de As en el agua de riego en el T1 y tomando en consideración la concentración total de As en las plantas completas de fresa en la fecha del 16/02/2015 que fue de 65.66 mg kg^{-1} se calcula que la acumulación de As en las plantas de fresa fue de aproximadamente 1,919 veces la concentración de As promedio presente en el agua de riego, lo que se puede traducir en una tasa diaria promedio de absorción de As de 15.99 µg L^{-1}, tomando en consideración 120 días trascurridos desde el transplante hasta el día 16/02/2015, resultando este valor casi la mitad de la concentración promedio de As en el agua de riego. En los órganos de las plantas de fresa que crecieron en el T2, se observó en general que las concentraciones de As fueron bastante bajas o no se detectaron.

Tomando como referencia los datos de las concentraciones de As en las plantas de fresa en la fecha del 16/02/2015, los porcentajes de acumulación de As en las plantas de fresa fueron de 51.81% en las raíces, 37.93% en la corona, 10.23% en las hojas.

Variables de crecimiento en plantas de fresa

En el cuadro 2, se presentan los valores promedio del peso fresco de cada uno de los órganos de las plantas de fresa para los dos tratamientos. Desde el primer mes después del trasplante, visualmente hubo una diferencia muy notoria entre los dos tratamientos, mostrando un mayor crecimiento las plantas en el T2. Sin embargo, es necesario señalar que una vez que las plantas comenzaron a florear y se hizo el cambio de la solución nutritiva de la etapa vegetativa a la etapa de producción, las plantas de fresa en el T1 tuvieron un cambio repentino y positivo en su crecimiento. Se encontró información en relación a que el ión arseniato $(H_2AsO_4)^{-1}$ compite con el ión fosfato $(H_2PO_4)^{-1}$ como sustrato en el sistema de absorción de la especie vegetal Holcus lanatus. Se indica que el fosfato es un fuerte inhibidor en la absorción de arseniato, indicando que ambos iones pudieran ser introducidos al interior de la raíz por el mismo transportador, sin embargo, se menciona que se tiene más afinidad por el fosfato que por el arseniato (Meharg y Macnair, 1990). Las pruebas de t muestran que con excepción de las medias de las variables peso fresco de frutos en el mes de enero y febrero, todas las demás medias de las demás variables en los tratamientos de solución con As y solución sin As, fueron diferentes, teniendo mayor peso fresco las medias de las variables en las plantas que crecieron en la solución sin As. Al final del experimento las diferencias en peso fresco expresadas en porcentaje entre los dos tratamientos fueron de 36.59 % para peso fresco total de planta, 42.5 % para peso fresco de raíces, 35.1 para peso fresco de parte aérea, 39.5 % para peso fresco de corona, 43.35 % para peso fresco hojas y 20.84 % para peso fresco de hojas. Burlo *et al*., (1999), señalan que las plantas de

jitomate acumulan As principalmente en sus raíces (85% del total de As en la planta), el 14% en brotes y el 1% en frutos.

Cuadro 2. Medias de las variables de crecimiento en peso fresco, valores de t y $p < 0.05$.

		PFTP	PFR	PFPA	PFC	PFH	PFF
Febrero	T1	76.95	13.93	63.03	5.39	20.83	29.89
	T2	121.38	24.25	97.13	8.91	36.78	37.765
	t	-2.7534	-3.993	-2.281	-2.8352	-3.3215	-0.8146
	p>	0.00899	0.00028	0.0282	0.00810	0.00251	0.42035

PFTP= peso fresco total de planta; PFR = peso fresco de raíz; PFPA = peso fresco de parte aérea; PFC = pesos fresco de corona; PFH = peso fresco de hojas; PFF = peso fresco de frutos.

La planta de fresa está considerada como moderadamente tolerante al arsénico, asi también como el maíz, la remolacha y calabaza (Walsh *et al*., 1977) o con una sensibilidad media al As en un grupo junto con la manzana, cereza, algodón, papa, rábano y arándano (Sheppard, 1992).

Rendimiento de frutos de fresa

En todos los cortes de fresa los rendimientos en el T1 fueron menores a los correspondientes del tratamiento 2. El rendimiento total de frutos de fresa en el T1 fue equivalente a 9,287.10 kg ha^{-1} mientras que el T2 presentó un rendimiento total equivalente a 16,369.61 kg ha^{-1}, teniendo una diferencia en rendimiento de 7,082.51 kg ha^{-1} lo que representa un 43.26% menos rendimiento en el T1 con respecto al T2. Se tiene información para el caso de jitomate que concentraciones de As que alcancen 4.6 ppm (mg kg^{-1} peso seco) en planta completa disminuyen el rendimiento hasta un 50%, de tal manera que de antemano el cultivo puede llegar a no ser negocio para el agricultor (Woolson, 1973). En las plantas de fresa las concentraciones de As en la planta completa fueron muy superiores a las reportadas para jitomate para producir una disminución del rendimiento de 50%. Para jitomate se reportan 4.6 mg kg^{-1}, mientras que en fresa se llegaron a cuantificar concentraciones totales en planta entre 45.66 y 66.46 mg kg^{-1} con base en peso seco, siendo aproximadamente 14 veces superior la concentración de As encontrada en las plantas de fresa que las reportadas para el caso del jitomate.

Conclusiones

1. Al final del experimento las diferencias en peso fresco expresadas en porcentaje entre los dos tratamientos fueron de 36.59% para peso fresco total de planta, 42.5% para peso fresco de raíces, 35.1% para peso fresco de parte aérea, 39.5% para peso fresco de corona, 43.35% para peso fresco hojas y 20.84% para peso fresco de frutos.
2. El rendimiento total en el T1 fue el equivalente a 9,287.10 kg ha^{-1} mientras que el T2 presentó un rendimiento total equivalente a 16,369.61 kg ha^{-1}, teniendo una diferencia en rendimiento de 7,082.51 kg ha^{-1} lo que representa un 43.26% menos de rendimiento en el T1 con respcto al T2.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo económico del proyecto al PROMEP-SEP. Proyecto. IDCA 11196 y clave UGTO-CA-156.

Referencias

Jonhson, L.R. and A.E. Hiltbold. 1969. Arsenic content of soils and crops following use of methane arsonate herbicides. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 33: 279-282.

Meharg, A.A. and M.R. Macnair. 1990. An altered phosphate uptake system in arsenate-tolerant Holcus lanatus L. New Phytologyst. 116 : 29-35.

Meharg, A.A. 1994*:* Integrated tolerance mechanisms – constitutive and adaptive plant responses to elevated metal concentrations in the environment. Plant Cell Environ. 17 : 989–993.

Paliouris, G. and T.C. Hutchinson. 1991*:* Arsenic, cobalt and nickel tolerances in two populations of *Silene vulgaris* (Moench.) Garcke from Ontario, Canada. New Phytol. 117 : 449–459.

Sheppard, S.C. 1992. Summary of phytotoxic levels of soil arsenic. Water, Air and Soil Pollution. 64 : 539-550.

Stoeva, N., M. Berova and Z. Zlatev, 2003*:* Physiological response of maize to arsenic contamination. Biol. Plant. 47 : 449–452.

Tripathi, R.D., S. Srivastava., S. Mishra., N. Singh., R. Tuli., D. K. Gupta. and F. J. M. Maathuis. 2007. Arsenic hazards: strategies for tolerance and remediation by plants. Trends Biotechnol. 25 : 158–165.

Walsh, L.M., M.E. Summer and D.R. Keeney. 1977. Ocurrence of distribution of arsenic in soils and plants. Environmental Health Perspectives. 19: 67-71.

Walsh, L.M. and D.R. Keeney. 1975, 'Behaviour and Phytotoxicity of Inorganic Arsenicals in Soils', in: Woolson, E.A. (ed.). Arsenical pesticides, Amer. Chem. Soc. Symp. Ser. 7. Amer. Chem. Soc. Washington, cited by Furlong 1978. pp. 35–54.

Woolson, E.A. 1973. "Arsenic phytotoxicity and uptake in six vegetable crops". Weeds Sci. 21: 524-527.

Woolson, E.A., J.H. Axley and P.C. Kearney. 1973. The chemistry and phytotoxicity of arsenic in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc.37: 254-259.

CONTENIDO MINERAL EN PLÁNTULAS DE *Moringa oleifera* Lam. IRRIGADAS CON DEFICIENCIA DE N, P, K, Ca Y Mg

Espinoza-Orozco, L.E.[1*]; Carranza-de la Rosa, R.[2]; Olivares-Sáenz, E.[2]; Vázquez-Alvarado, R.E.[2]

[1*]Alumno de Maestría en Ciencias en Producción Agrícola. FAUANL.
[2]Profesor investigador, de la Facultad de Agronomía de la UANL, Gral. Escobedo, Nuevo León, México.

* Autor responsable: l.enrique.espinoza.orozco@gmail.com; Calle: Av. Francisco Villa S/N, Col. Ex Hacienda el Canadá, Gral. Escobedo, Nuevo León, México. CP. 66050. Tel. 826 125 0001

Resumen
La moringa (*Moringa oleifera* Lam.), es un cultivo importante en muchos países, siendo una fuente natural con alto potencial para brindar proteínas, vitaminas y minerales en beneficio de la alimentación animal y humana. Existen diversos estudios científicos, relacionados con sus usos y propiedades, pero limitados respecto al contenido mineral ante deficiencia nutrimental. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la materia seca de hojas y el contenido de N, P, K, Ca y Mg, presente en hojas de dos variedades de moringa (Vaina Larga y Vaina Corta), irrigadas con deficiencia nutrimental de N, P, K, Ca y Mg (T2, T3, T4, T5 y T6, respectivamente), comparadas con un testigo con solución completa (T1), suministradas mediante la técnica hidropónica sobre sustrato de perlita con la técnica del elemento faltante. El ANVA para variedades no mostró diferencia significativa entre tratamientos para materia seca y contenido de nutrientes. La comparación múltiple de medias (Tukey $p<0.01$) mostró que los tratamientos con ausencia de N, P y K, tuvieron los mayores decrementos en materia seca, además la acumulación de nutrientes fue más reducida en estos tratamientos.

Palabras clave
Hidroponia, Materia Seca, Nutrientes

Introducción
La moringa (*Moringa oleifera* Lam.), es una especie clasificada como árbol perenne, de anatomía ampliamente descrita (Foidl *et al*., 2001; Liñán, 2010), es considerada multipropósito, debido a los compuestos fitoquímicos, orgánicos e inorgánicos que posee, además de su capacidad para desarrollarse en diferentes ambientes y condiciones de manejo, lo que ha permitido cultivarla en áreas de escasez de humedad, lugares con precipitaciones anuales de 500 a 1500 mm y suelos con pH (4.5 y 8) (Reyes, 2006). Sin embargo, es sensible a suelos de condición arcillosa o saturada, vientos fuertes y carga excesiva de fruto.

La importancia económica de la moringa radica en los beneficios que brinda, sobre todo las propiedades como forrajera, siendo una excelente fuente de proteína, vitaminas y minerales (Mendieta *et al*., 2013), ha quedado demostrado que posee todos los aminoácidos esenciales para los humanos, además de propiedades medicinales (Lim, 2012) e industrialización de la semilla para obtención de aceite (Mofijur *et al*., 2014; Canett-Romero *et al*., 2014), por lo que su cultivo y comercialización va en aumento, sobre todo la venta de cápsulas para su utilización como complemento alimenticio en la dieta humana.

La información científica sobre el cultivo, usos y propiedades de la moringa es abundante; sin embargo, es limitada respecto al contenido mineral ante deficiencia nutricional, por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar la materia seca de hojas y el contenido de N, P, K, Ca y Mg, presente en hojas de plántulas de dos variedades de moringa (Vaina Larga y Vaina Corta), irrigadas con deficiencia nutrimental, mediante la técnica hidropónica sobre sustrato de perlita con el método del elemento faltante.

Materiales y Métodos

El proyecto se desarrolló en condiciones de invernadero en la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, (FA-UANL), Campus Ciencias Agropecuarias, Ex Hacienda El Canadá, Gral. Escobedo, Nuevo León, con ubicación geográfica de 25º 47' Latitud Norte, 100º 17' Longitud Oeste, con altitud de 500 m.s.n.m., la precipitación promedio pluvial anual es de 400 - 600 mm y temperatura media anual de 18 a 24 ºC (INEGI, 2014).

Se empleó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial, con 6 tratamientos de nutrimentos y dos variedades con 3 repeticiones, los tratamientos de nutrimentos fueron: solución completa y soluciones en ausencia de N, P, K Ca y Mg (T1, T2, T3, T4, T5 y T6, respectivamente). Las variedades fueron: vaina larga (VL) y vaina corta (VC).

La siembra se realizó el 13 de marzo de 2015, utilizando semillas seleccionadas de color café obscuro y peso de 0.30 – 0.40 g semilla^{-1}, se sembraron en charolas de propagación de poliestireno de 200 cavidades, donde se incorporó como sustrato PeatMoss Mezcla-3, previamente humedecido a razón de 1:1 kg sustrato: L de agua; para cubrir las semillas se utilizó sustrato vermiculita 150 g charola^{-1}, se aplicaron 2 L de agua destilada por charola y se colocaron dentro de una bolsa con el fin de conservar temperatura (Tº) y humedad, posteriormente se ubicaron en condiciones de invernadero, donde la Tº promedio fue: máxima 34.6 ºC y mínima 18.4 ºC y Humedad Relativa (H.R): máxima 93.6% y mínima 42.1%, en un periodo de 10 días.

La aplicación de riego previo al trasplante fue 1 L de agua destilada charola^{-1} dia^{-1}; transcurridos 20 días después de la siembra se aplicó un riego de la solución nutritiva completa al 50%.

El trasplante se realizó a los 24 días después de la siembra, se seleccionaron plántulas de 17 cm de longitud de tallo, que posteriormente se trasplantaron en macetas, a razón de tres plántulas maceta^{-1}, cada maceta contenía 14 L de sustrato perlita, donde primeramente se aplicaron 3 L de agua destilada por maceta^{-1}, con el fin de saturar el sustrato.

Las soluciones nutritivas se prepararon con agua destilada con conductividad eléctrica de 0.02 mS cm^{-1} y formulas químicas comerciales. (Cuadro 1). El pH de las soluciones fue ajustado a 5.5 con H_2SO_4 y NaOH respectivamente, con el fin de prevenir interacciones negativas y de esa forma garantizar una correcta asimilación de los nutrientes. (Favela *et al*., 2006; Sánchez *et al*., 2014). La C.E en las soluciones fue: T1: 1.2, T2: 1.1, T3: 1.4, T4: 1.0, T5: 1.1 y T6: 1.1 mS cm^{-1}.

Para el complejo de micronutrientes se utilizó un producto constituido de: Fe-EDTA 7.5%, Mn-EDTA 3.7%, B 0.007%, Zn-EDTA 0.006%, Cu 0.003% y Mo 0.002%, en dosis de 0.02 g L^{-1}, en los diferentes tratamientos.

El suministro de soluciones nutritivas se efectuó de manera manual, inició a partir del trasplante, de los 0 a los 39 días después del trasplante, fueron aplicados directo al cepellón, en 4 pulsos diurno^{-1}.

Posteriormente y hasta la cosecha, se aplicaron de manera uniforme sobre la superficie del sustrato, en dos pulsos. El volumen utilizado de solución expresado en: ml de solución planta^{-1} dia^{-1} fue de: 0-17 días después de trasplante (ddt): 160; de 17-25 ddt: 280; de 25-40 ddt y solo para los tratamientos T1, T4, T5 y T6 fue de: 500; posterior a los 40 ddt, se incrementó a 2000, en T1, T5 y T6.

Cuadro 1. Formulación y dosificación utilizada para inducir deficiencia de macronutrientes expresada en gL^{-1}

FÓRMULAS	T1	T2	T3	T4	T5	T6
K_2SO^4	0.3400	0.3190	0.3580			0.3400
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.5200	0.5200	0.5200	0.5200	0.5200	
NH_4NO_3			0.0300	0.0050	0.1950	
$(NH_4)H_2PO_4$	0.1200			0.1877	0.1890	0.1200
KH_2PO_4	0.0800	0.2200				0.0800
KNO_3	0.0800		0.1200		0.5250	0.0800
$Ca(NO_3)_2$	0.8100		0.8100	0.8100		0.8100
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$		0.6800				

La cosecha se realizó a los 77 días después del trasplante, corte referenciado a 0.20 m de la base del tallo. La materia seca se obtuvo después de colocar los materiales frescos en una estufa de secado, a una temperatura de 55ºC, hasta obtener peso seco constante. La determinación de nitrógeno se realizó mediante la metodología de micro-Kjeldahl, fósforo por el método de amarillo vanadato molibdato, potasio, calcio y magnesio por absorción atómica (Rodríguez, 2011). El análisis estadístico se realizó con el paquete IBM SPSS Statistics 21.

Resultados y Discusión

El ANVA respecto a materia seca de hojas no mostró diferencia significativa entre variedades, pero si entre tratamientos. La comparación de medias entre tratamientos reveló que la ausencia de N, P y K, son los elementos que más influyen sobre la materia seca de la moringa, ya que juegan un papel fundamental en el desarrollo celular, donde P y N forman parte del ATP (Adenosina trifosfato) y la NADPH (Nicotinamida adenina dinucleótido fosfato), el K es fundamental para la activación de enzimas, procesos que intervienen en la síntesis de carbohidratos, siendo estos fundamentales en el crecimiento de la planta. (Taiz y Zeiger, 2010). La ausencia de Ca no mostró diferencia significativa respecto al testigo para la variable materia seca, similar a lo reportado por Vieira *et al*., (2015), en plántulas de moringa (Cuadro 2).

El ANVA en el contenido de nutrientes, no mostró diferencia significativa entre variedades, pero si entre tratamientos. La comparación de medias entre tratamientos muestra como la omisión de N y P influyeron de manera negativa en la acumulación de otros nutrientes. La ausencia de K influyó negativamente en la acumulación de N y Ca, pero no sobre P y Mg, respecto al testigo. La omisión de Mg, repercutió sobre los demás elementos (Cuadro 2).

En el tratamiento sin calcio, se identificó acumulación de este elemento, siendo de 34.5 % respecto el testigo, lo que pudiera atribuirse a una contaminación por parte de los fertilizantes, además, se utilizó sustrato perlita, que de acuerdo a Sonneveld y Voogt (2009), tiene un 0.8% de CaO, por otro lado, el cultivo de moringa pudiera requerir de menor cantidad de calcio en su etapa inicial. La falta de calcio no influyó sobre los demás nutrientes, incluso se obtuvo una mayor acumulación de fósforo con respecto al testigo (Cuadro 2).

De acuerdo con Alcántar *et al*., (2013), el potasio representa al catión que es absorbido en mayor cantidad por las plantas, sin embargo, bajo la metodología implementada y los resultados obtenidos

en el presente trabajo, se muestra una afinidad por parte de la moringa por acumular más Ca que K. En general, hubo reducción en la concentración de cada uno de los macronutrientes tras la ausencia inducida en las soluciones nutritivas, además se observó una mayor acumulación de algunos elementos ante la falta de otros, esto posiblemente a la interacción que existe entre nutrientes para ingresar a la planta (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de medias respecto a materia seca evaluada en gramos y al contenido de nutrientes en las hojas, expresado en: gramos de nutriente en el total de materia seca.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	Materia Seca (g)
	Nutrientes (g M.S acumulada)					
Completa	3.50 a	0.29 b	1.37 a	1.65 a	0.36 ab	85,33 a
Sin N	0.03 d	0.01 d	0.02 c	0.02 d	0.003 c	1,86 d
Sin P	0.12 d	0.01 d	0.04 c	0.03 d	0.01 c	3,52 d
Sin K	1.38 c	0.26 bc	0.13 c	0.53 c	0.28 b	30,17 c
Sin Ca	3.50 a	0.43 a	1.27 a	0.57 c	0.45 a	81,00 a
Sin Mg	2.85 b	0.23 c	0.60 b	1.01 b	0.04 c	63,33 b

Letras iguales entre una misma columna, representan no significancia, letras diferentes manifiestan diferencia significativa (Tukey $p < 0.01$).

Conclusiones

- La ausencia de N y P, son los que más afectaron la acumulación de nutrientes.
- Los nutrientes más acumulados fueron N, Ca y K.
- La falta de calcio aumentó de manera favorable la acumulación de Fósforo.

Agradecimientos

Al Centro de Agricultura Protegida por permitir el área para el establecimiento y desarrollo del trabajo y su apoyo como fuente de financiamiento a través del proyecto moringa, CONACYT, Facultad de Agronomía y la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Referencias

Alcántar G, G., y Trejo-Téllez, L.I. (2013). Nutrición de Cultivos. Printing Arts México, S. de R.L de C.V. Guadalajara, Jalisco, México. ISBN: 978-607-715-183-8

Canett-Romero, R., K. L. Arvayo-Mata y N. V. Ruvalcaba-Garfias. (2014). ASPECTOS TÓXICOS MÁS RELEVANTES DE *Moringa oleífera* Y SUS POSIBLES DAÑOS. BIOtecnia, 16(2), 36-43.

Favela, C. E., R. P. Preciado y M. A. Benavides. (2006). Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna, Torreón, Coahuila. ISBN 96-8844051-5.

Foidl, N., H. P. S. Makkar y K. Becker. (2001) The Potential of *Moringa oleifera* for Agricultural and Industrial Uses.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (INEGI) (Noviembre 2014). Prontuario de información geográfica municipal. Recuperado de: http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/19/19021.pdf

Lim, T. K. (2012). *Moringa oleifera.* In Edible Medicinal And Non Medicinal Plants (pp. 453-485). Springer Netherlands.

Liñán, T. F. (2010). *Moringa oleifera* El Árbol de la Nutrición. Ciencia y Salud, Vol. 2 No. pp. 130-138.

Mendieta-Araica, B., E. Spörndly., N. Reyes-Sánchez., F. Salmerón-Miranda y M. Halling. (2013). Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera* under different planting densities and levels of nitrogen fertilization. Agroforestry systems, 87(1), 81-92.

Mofijur, M., H. H. Masjuki., M. A. Kalam., A. E. Atabani., I. R. Fattah y H. M. Mobarak. (2014). Comparative evaluation of performance and emission characteristics of Moringa oleifera and Palm oil based biodiesel in a diesel engine. Industrial Crops and Products, 53, 78-84.

Reyes, N. (2006) Moringa oleifera and Cratylia argentea: Potential Fodder Species for Ruminants in Nicaragua (Doctoral thesis). Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science. Department of Animal Nutrition and Management. Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala.

Rodríguez F, H. (2011). Métodos de Análisis de suelos y plantas: criterios de interpretación. 2ª ed. México: Trillas: UANL. ISBN 978-607-17-0593-8.

Sánchez-Del Castillo, F.; E. C. Moreno-Pérez., J. Pineda-Pineda., J. M. Osuna., J. E. Rodríguez-Pérez y T. Osuna-Encino. (2014) Producción Hidropónica de Jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) con y sin Recirculación de la Solución Nutritiva.Agrociencia 48: 185-197.

Sonneveld, C., y W. Voogt. (2009). Substrates: Chemical characteristics and preparation (pp. 227-256). Springer Netherlands.

Taiz, L. y E. Zeiger. (2010). Plant physiology 5th Ed. Sunderland: Sinauer Assoc.

Vieira, H., L. H. G. Chaves y R. A. Viégas. (2015). DIAGNOSIS OF MACRONUTRIENT DEFICIENCY SYMPTOMS IN SEEDLINGS OF MORINGA (*Moringa oleifera*).

INOCULACIÓN DE RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL EN EL CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN INVERNADERO

Espinosa-Palomeque, B.[1*]; González-Rodríguez, G.[1]; Cano-Ríos, P.[2]; Sánchez-Galván, H.[3]; Sáenz-Mata, J.[3]; Moreno-Reséndez, A.[2]; Leos-Escobedo, L.[2]

[1]Posgrado en Ciencias Agrarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México.
[2]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México.
[3]Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango. Gómez Palacio, Durango. México.

*Autor responsable: nayo_schoker@hotmail.com; Avenida, Saltillo Núm. 666, Col. Valle Verde, Torreón, Coahuila de Zaragoza. México. C.P. 27054; Tel. +52(871)-402-3111.

Resumen
En este estudio se evaluó la inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en la producción del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero. Se emplearon tres rizobacterias: *Acinetobacter* sp. (T1), *Aeromonas caviae* (T2), *Bacillus pocheonensis* (T3) y un testigo (T0). La siembra se realizó, durante el ciclo P-V 2015 en charolas de poliestireno de 200 cavidades con Peat Moss®, a 12 días de emergencia las plántulas fueron inoculadas, sumergiéndolas 5 minutos en una suspensión bacteriana de 4 L a una concentración de $1x10^8$ UFC ml^{-1}. El T0 se trató con agua destilada. A 46 días después de la siembra se efectuó el trasplante, utilizando macetas de polietileno negro de 18 L. Se consideró el número de frutos por planta hasta el octavo racimo y se determinó el rendimiento (t ha^{-1}). En el número de frutos se encontró una diferencia significativa ($p \leq 0.05$), siendo el T1 con mayor número de fruto con una media de 30.67 superando un 13.04 % al testigo (T0). El rendimiento presentó una diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$), donde las plantas inoculadas con la cepa *Acinetobacter* sp., presentaron mayor rendimiento con una media de 82.26 $t \cdot ha^{-1}$, superando en 17.27, 21.97 y 15.60% en las plantas cultivadas con los tratamientos T0, T2 y T3, respectivamente. Por lo tanto, la inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal representa una alternativa para asegurar los rendimientos del cultivo de tomate en invernadero sin incurrir en los costos ambientales y económicos de la fertilización inorgánica tradicional.

Palabras clave
PGPR; *Acinetobacter*; agricultura protegida

Introducción
El tomate [(*Solanum lycopersicum* L.) (Peralta *et al.*, 2005)] es uno de los cultivos más importantes en la enocomía mundial, al estar dentro de las hortalizas de mayor consumo, con una producción anual superior a las 161 millones de toneladas (FAOSTAT, 2013). En México, el cultivo de tomate es de gran importancia. El 70% de los cultivos que se producen bajo condiciones protegidas corresponde al tomate. Para garantizar buenos rendimientos en los cultivos tanto en condiciones de campo como en agricultura protegida, es de vital importancia la obtención de plántulas sanas y vigorosas (Costales *et al.*, 2007). En este sentido se ha propuesto el uso de bacterias del suelo que se desarrollan en la rizósfera de plantas o alrededor de los tejidos vegetales que estimulan el crecimiento

de las plantas. Estas bacterias se conocen como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal [(PGPR, por sus siglas en inglés "Plant Growth Promoting Rhizobacteria") (Kloepper and Schroth, 1978)]. Algunos de los procesos fisiológicos favorecidos en los cultivos inoculados con PGPR son: la fijación biológica de nitrógeno, solubilización de fosfatos, la síntesis de fitohormonas como las auxinas, particularmente el ácido indolacético (AIA), promueven el crecimiento de las raíces y la proliferación de pelos radicales, mejorando la absorción de agua y minerales del suelo y con ello el mejor y mayor desarrollo de las plantas. Otra ventaja importante del uso de las PGPR es inhibir el desarrollo de microorganismos fitopatógenos (Lucy *et al.*, 2004). En las últimas décadas, se han investigado los efectos de biofertilizantes, preparados con PGPR aplicados al suelo y/o plantas, que pueden ser una alternativa biotecnológica para la producción de especies de interés hortícola, con el fin de reducir la necesidad de fertilizantes sintéticos tanto como sea posible (Yang *et al.*, 2009). Bajo esta perspectiva, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de inoculación de raices de tomate con PGPR en la producción y calidad de fruto tomate producido bajo condiciones en invernadero.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó durante el ciclo agrícola primavera-verano 2015, en la Comarca Lagunera (101° 40´ y 104° 45´ W y 25° 05´ y 26° 54´ N), en un invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL), Torreón, Coahuila, México. El invernadero con un área de 200 m^2, es de forma semicircular, con cubierta de acrílico reforzado y protegido con malla sombra durante las estaciones del año más calurosos, piso de grava y sistema de enfriamiento automático mediante pared húmeda y extractores. Tiene ventanas laterales de 1.20 m de alto, cubiertas con acrílico enrollable y protegida con malla antiáfido (Malla Plas®).

Los tratamientos evaluados fueron la inoculación de tres diferentes rizobacterias: *Acinetobacter* sp. (T1), *Aeromonas caviae* (T2), *Bacillus pocheonensis* (T3) y un testigo sin inocular (T0). Estas cepas fueron proporcionadas por el laboratorio de Ecología Microbiana de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacios, Durango, México. Para la preparación de los inóculos líquido, las tres cepas fueron sembradas en caldo líquido y puesta en incubadora (Precisión Scientific 815) durante 7 días a 29 °C para su multiplicación. La suspensión obtenida fue de $1x10^8$ UFC ml^{-1}. Cabe mencionar que estas fueron caracterizadas como rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal debido a su actividad productora de ácido indolacético y solubilización de fosfatos.

La siembra de semillas del genotipo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) 'Afrodita' tipo saladette de la compañía US Agriseeds, se realizó en charolas de unicel de 200 cavidades llenadas con una mezcla de Peat Moss (Premier®) y vermiculita. Las bandejas se colocaron en el interior del invernadero, se cubrieron con plástico negro por 72 h, aplicando cada 24 h riego con agua de la llave [(pH 7.38, RAS 3.2 y CE 1.18 dS/m, clasificada como agua de baja salinidad y bajo contenido de sodio (Ayers and Westcot, 1994)].

La inoculación de las rizobacterias se realizó a 12 días de emergencia de las plántulas, sumergiéndolas 5 min en una suspensión bacteriana de 4 L a una concentración de $1x10^8$ UFC ml^{-1}, el tratamiento testigo solo se trataron con agua destilada. A los 46 días después de la siembra se realizó el trasplante

colocando una planta en el centro de bolsas de polietileno negro de 18 L de capacidad, las cuales fueron utilizadas como macetas. Las macetas fueron colocadas en doble hilera con una separación de 160 cm entre hileras y arreglo "tresbolillo", con una separación de 30 cm de centro a centro de maceta, para una densidad de 4.2 plantas•m^2. Como sustrato se utilizó arena de rio previamente desinfectada con una solución al 5% de hipoclorito de sodio, la cual se dejó secar al ambiente por tres días. Después del trasplante el suministro de agua de riego se adaptó según las etapas de desarrollo del cultivo a los dos días después de trasplante (ddt) se aplicaron en promedio 0.5 L de agua por maceta $día^{-1}$, aumentando a 1 L $día^{-1}$ a los 30 ddt y aumentando a 2 L $día^{-1}$ a los 71 ddt. La solución nutritiva empleada durante todo el ciclo del cultivo fue la recomendada por Castellano and Ojodeagua (2009) (Cuadro 1).

Al alcanzar aproximadamente 45 cm, el tallo principal fue tutorado con rafia, para mantener erguida las plantas. Desde el inicio de la floración y hasta el amarre del octavo racimo, diariamente se polinizo manualmente las flores, entre las 11:00 y 13:00 h. Cada tercer día se eliminaron los brotes axilares, guiando las plantas a un solo tallo. Cuando los primeros racimos alcanzaron el punto rosado, se eliminaron las hojas por debajo de estos, facilitando la aireación y la coloración de los frutos. Se establecieron trampas de color amarilla y azul con Biotac® para el monitoreo y control de plagas, realizándose revisiones semanalmente. La mosquita blanca (*Bemisia argentifolli* Bellows & Perring) y Pulgón (*Aphis gossypi* Sulz) se controlaron con insecticidas orgánicos Bioinsect® y Kilwalc®, de acuerdo con las recomendaciones técnicas de cada producto.

La cosecha de frutos se hizo del primero al octavo racimo, cuando los frutos presentaron un color rosa promedio entre el 30 y 60%, requerido para la clasificación de color de USDA (1991). Durante el ciclo de cultivo, que duró 120 días después del trasplante (ddt), la temperatura mínima y máxima dentro del invernadero durante el ciclo de cultivo fluctuó de 17.4 y 32.6 °C, respectivamente, mientras que la humedad relativa mínima y máxima oscilo entre 30 y 70 % respectivamente.

Los tratamientos tuvieron 15 repeticiones (una maceta por repetición), distribuidas en un diseño completamente al azar con 15 repeticiones. La variable evaluados fueron: la calidad del fruto tomando como muestra 18 frutos por planta correspondientes a cada repetición de los tratamientos, midiéndose el diámetro polar y ecuatorial (cm), espesor de pericarpio (cm) utilizando un vernier (TRUPER®), contenido de solidos solubles con un refractómetro manual (Master-T ATAGO®), peso promedio de fruto (g) con una balanza Ohaus modelo 3729 con capacidad máxima de 3,000 gramos con resolución de 0.1 gramos y se estimó el rendimiento (t ha^{-1}).

Cuadro 1. Concentración de la solución nutritiva empleada para el desarrollo de tomate en invernadero. Torreón, Coahuila, México. 2015.

Ion	Etapa 1 1er Cuaje	Etapa 2 1er - 3er Cuaje	Etapa 3 3° - 5° Cuaje	Etapa 4 > 5° Cuaje
	meq L^{-1}			
NO_3-	6	8	10	12
NH_4^+	0-0.5	0-0.5	0.5	0.5
H_2PO_4-	1.5	1.5	1.5	1.5
K^+	3.5	5.5	7	8.5
Ca^{2+}	8	8	8	9
Mg^{2+}	2	3	4	4
SO_4^{2-}	3 a 6	3 a 6	3 a 6	3 a 8
HCO_3-	1.0	1.0	1.0	1.0
Na^+	<5	<5	<5	<5
Cl^-	1 a 3	1 a 3	3 a 5	3 a 5
CE† (dS/m)	1.4	1.8	2.2	2.4

†CE = conductividad eléctrica.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANDEVA). Las diferencias entre las medias de los tratamientos fueron comparadas utilizando la prueba Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 0,05 %. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SAS para Windows versión 9.0 (SAS, 2004).

Resultados y Discusión

De acuerdo al análisis de varianza no se registraron diferencias significativas para el peso de fruto, diámetro ecuatorial y solido soluble. Las medias generales para estas variables fueron de 73.62 g, 4.88 cm, 4.57 °Brix, respectivamente (Cuadro 2).

La inoculación de las PGPR afecta el rendimiento, numero de fruto, diámetro de polar y espesor de pericarpio del fruto de tomate ($p \leq 0.05$), teniendo las plantas de tomates inoculados con la cepa *Acinetobacter* sp., los valores más altos en el rendimiento, numero de fruto y diámetro de polar del fruto entre todos los tratamientos. El rendimiento y el tamaño de fruto de tomate es mejorado en plantas de tomate inoculadas con PGPR de acuerdo a lo reportado por Mena and Olalde (2007). En cuanto al número de frutos el T1 fue superior al resto de los tratamientos con una media de 30.67, superando en 13.08% al testigo. Estos resultados coinciden con Mena and Olalde (2007) quienes, encontraron un incremento del 20% en número de frutos en plantas de tomate inoculada con la cepa *Bacillus subtilis* BEB-13bs, en comparación al tratamiento control. Respecto al rendimiento, el tratamiento con la cepa *Acinetobacter* sp., obtuvo un mayor rendimiento con una media de 82.26 $t \cdot ha^{-1}$, superando un 17.27 % al tratamiento testigo (Cuadro 2). Los resultados obtenidos se pueden atribuir a la capacidad que tienen las PGPR para producir metabolitos benéficos, como fitohormonas y la solubilización de fosforo inorgánico aumentado su disponibilidad para las plantas (Sánchez *et al.*, 2012).

Cuadro 2. Valores promedio y diferencias estadísticas de las variables evaluadas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) 'Afrodita' inoculado con rizobacterias bajo condiciones de invernadero. Torreón, Coahuila, 2015.

[†]T	[‡]PF[ns]	DP*[§]	DE [ns]	EP*	SS [ns]	NF*	R*
	g	----------cm----------			°Brix		$t \cdot ha^{-1}$
T0	72.36	6.06 ab[¶]	4.97	0.81 ab	**4.80**	26.67 b	68.05 b
T1	**75.47**	**6.21 a**	4.78	0.83 ab	4.55	**30.67 a**	**82.26 a**
T2	72.58	5.99 b	4.69	**0.93 a**	4.50	24.87 b	64.19 b
T3	74.07	6.01 ab	**5.09**	0.74 b	4.43	25.80 b	69.42 b
Media	73.62	6.07	4.88	0.83	4.57	27.00	70.98
C.V.	10.68	4.55	15.52	24.05	13.18	16.87	18.42

[†]T= Tratamientos (T0 – T3); [‡]PF= peso de fruto; DP= diámetro polar; DE= diámetro ecuatorial; EP= espesor de pericarpio; SS= solidos solubles; NF= número de frutos; R= rendimiento. [§]ns= no significativo; *= significativo. C.V.= coeficiente de variación. [¶]Promedio con letras distintas en cada columna son estadísticamente diferentes (DMS, $p \leq 0.05$).

Conclusiones

Los inóculos aplicados en el presente estudio (*Acinetobacter* sp., *Bacillus pocheonensis*, *Aeromonas caviae* y testigo) afectaron el rendimiento, numero de fruto, diámetro polar y espesor de pericarpio de frutos de tomate. Todas las frutas producidas tenían la calidad comercial aceptable, sin embargo, en las plantas inoculadas con la cepa *Acinetobacte*r sp, se tuvieron mayor rendimiento, numero de fruto en respecto a las plantas testigo. Por lo tanto, la inoculación de PGPR representa una alternativa para asegurar los rendimientos del cultivo de tomate en invernadero sin incurrir en los costos ambientales y económicos de la fertilización inorgánica tradicional.

Referencias

Ayers, R. S., and Westcot, W. D. (1994). Water Quality for Agriculture. In FAO (Ed.), *Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1* (pp. 174). Rome.

Castellano, Z. J., and Ojodeagua, J. L. (2009). Formulación de la solución nutritiva. In J. Z. Castellano (Ed.), *Manual de producción de tomate en invernadero* (pp. 131-156). Intagri: México.

Costales, D., Lisbel, M., and Miriam, N. (2007). Efecto del tratamiento de semillas con una mezcla oligogalacturónidos sobre el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Cultivos Tropicales, 28*(1), 85-91.

FAOSTAT. (2013). Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y la Alimentación. Retrieved 20 de Marzo 2016, from http://faostat3.fao.org/.

Kloepper, J. W., and Schroth, M. N. (1978). Plant growth promoting rhizobacteria on radishes. In Gilbert-Clorey (Ed.), *Procceding of the 4th International Conference on Plant Pathogenic Bacteria* (Vol. 2, pp. 879-882). France.

Lucy, M., Reed, E., and Glick, R. B. (2004). Application of free living plant growth-promoting rhizobacteria. *Antonie van Leeuwenhoek, 86*, 1-25.

Mena, V. H. G., and Olalde, P. V. (2007). Alteration of tomato fruit quality by root inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Bacillus subtilis BEB-13bs. *Scientia Horticulturae, 113*(1), 103-106. doi: 10.1016/j.scienta.2007.01.031.

Peralta, E. I., Knapp, S., and Spooner, M. D. (2005). New Species of Wild Tomatoes (*Solanum* Section *Lycopersicon*: Solanaceae from Northern Peru *Systematic Botany, 30*(2), 424-434.

Sánchez, L. D. B., Gómez, V. R. M., Garrido, R. M. F., and Bonilla, B. R. R. (2012). Inoculación con bacterias de crecimiento vegetal en tomate bajo condiciones de invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 3*(7), 1401-1415.

SAS. (2004). Satistical Analysis System. *What´s New in SAS 9.0, 9.1, 9.1.2 and 9.1.3*. SAS Institute Inc: Cary N. C. USA.

USDA. (1991). United States Department of Agritulture. *United States Standards for Grandes of Fresh Tomatoes.* Retrieved 25 de Marzo 2016, from https://www.ams.usda.gov/?dDocName=STELPRDC5050331.

Yang, J., Kloepper, J. W., and Ryu, C. M. (2009). Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. *Trends Plant Sci, 14*(1), 1-4. doi: 10.1016/j.tplants.2008.10.004.

MICORRIZA EXPERIMENTAL LÍQUIDA PARA LA PRODUCCIÓN DE SORGO EN TEMPORAL

Fernández-Cruz, E.[1*] y Díaz-Franco, A.[2]

[1] Campo Experimental General Terán, INIFAP, General Terán, Nuevo León.
[2] Campo Experimental Rio Bravo, INIFAP, Rio Bravo, Tamaulipas.

*Autor responsable: cruz.emmanuel@inifap.gob.mx; Km 31 Carretera Montemorelos-China. Mpio. General Terán; Nuevo León. C.P. 67400 Tel: Tel: 01 55 38 71 8700 y 01 800 088 2222.

Resumen
En Tamaulipas, la fertilización inorgánica es una práctica poco común por parte del productor de temporal, debido a la falta de humedad y al costo elevado que le representa aplicarla. Ante este panorama, es necesario desarrollar tecnologías que aumenten la producción agrícola con bajos costos y sin desequilibrar los agroecosistemas. La biofertilización con hongos micorrícicos arbusculares (HMA), representa una importante alternativa tecnológica con potencial para coadyuvar en la producción agrícola. El objetivo del estudio consistió en evaluar la formulación líquida del HMA (M-inifap-L), en la producción de sorgo híbrido 83G19 bajo condiciones de temporal. El estudio se realizó en el estado de Tamaulipas, durante el ciclo otoño-invierno 2015-2016. Se evaluaron tres tratamientos: a) Semilla inoculada con el producto Biogea Glomus®, b) Semillas inoculada con la micorriza INIFAP líquida, y c) Semillas sin inocular. Los tratamientos se sembraron mecánicamente en franjas, en sembradora de seis surcos, con ocho repeticiones. Las variables evaluadas fueron altura de planta, índice de clorofila, diámetro de tallo, longitud de panoja, biomasa foliar, biomasa radical seca y rendimiento de grano. En el estado de madurez fisiológica, las plantas de sorgo no presentaron diferencias significativas para las variables altura, clorofila, diámetro de tallo, biomasa foliar y radical seca; sin embargo, a la cosecha en el tratamiento M-inifap-L, las variables longitud de panoja y rendimiento de grano fueron superior significativamente en comparación al otro tratamiento y el testigo. El impacto en rendimiento puede deberse a que existen variaciones en la funcionalidad y efectividad de cepas de la misma especie.

Palabras clave
Biofertilizante; nutrición; *Sorghum bicolor*.

Introducción
En México, el estado de Tamaulipas representa el mayor productor de sorgo para grano (*Sorghum bicolor* (L.) *Moench*) con una producción aproximada de 2.4 millones de toneladas y un rendimiento medio de 2.2 t ha-1, donde el 70 % de ésta se obtiene bajo condiciones de secano o temporal. La mayor superficie de siembra se ubica en la región norte, con cerca de 650 mil hectáreas, donde el sorgo constituye un monocultivo. La fertilización inorgánica es una práctica poco común por parte del productor de temporal, debido a la errática precipitación que conlleva a la falta de humedad en el suelo en etapas fenológicas críticas del cultivo, así como el alto costo que le representa aplicarla. Ante este escenario, es necesario desarrollar prácticas agronómicas que eleven la rentabilidad de la producción de sorgo y promuevan un equilibrio en los agroecosistemas.

La biofertilización a través del empleo de hongos micorrícicos arbusculares (HMA), representa una importante alternativa tecnológica con potencial para coadyuvar en la producción agrícola. La

relación simbiótica entre los HMA y las plantas inducen mayor nutrición y sanidad de los cultivos. El empleo de bioinoculantes con base en HMA se ha acrecentado mundialmente durante los últimos años, aunque revisten gran importancia aquellos que tienen efectividad en los cultivos y que son viables económicamente (Vosátka *et al*., 2008; Xiang *et al*., 2012).

La aplicación de estos bioinoculantes, depende de su efectividad en los sistemas de producción y de su adaptación con las prácticas y maquinaria existentes. La micorriza INIFAP *Rhizophagus intraradices (N.C. Schenck & G.S. Sm.) C. Walker & A. Schüßler* fue aislada desde el 2010 como resultado de una colecta de muestras de suelo a nivel regional; su presentación actual es en sustrato molido que contiene suelo y raíces colonizadas con la cepa regional *R. intraradices*, la cual, ha sido efectiva en cultivos de granos y hortalizas. Sin embargo, existe el inconveniente de que ocurre un desgaste prematuro en los platos de plástico de las sembradoras que actualmente se utilizan debido a la fricción con el sustrato micorrícico, por consecuencia, el productor prefiere el uso de HMA en formulación líquida. Ante esta situación, el Campo Experimental General Terán del INIFAP, ha iniciado de manera experimental, la formulación líquida que sustituya al sustrato micorrícico convencional. Con base en lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar la formulación líquida del HMA (M-inifap-L), en la producción de sorgo bajo condiciones de temporal.

Materiales y Métodos

Localidad

El experimento se estableció en los terrenos del Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario (25°01'04.56'' N, 98°05'07.72'' O; 31 msnm) del ejido Francisco Villa, municipio de San Fernando, Tamaulipas, durante el ciclo otoño-invierno 2015-2016. Como material biológico se utilizó el híbrido de sorgo 83G19.

Características de la micorriza INIFAP líquida.

R. intraradices fue validada en cultivos de sorgo, maíz y trigo, principalmente. La cepa actualmente es propagada y cultivada en el Campo Experimental General Terán en Nuevo León. La micorriza INIFAP líquida fue obtenido mediante el método de tamizado húmedo y decantación propuesto por Gerdemann y Nicolson, (1963) y el método de centrifugación en gradiente de sacarosa por Daniels y Skiper (1982). La M-inifap-L se formuló con 84500 esporas, las cuales componen una dosis del producto experimental. Las esporas de la M-inifap-L, previo a su uso, fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 2.5%, deshidratadas y almacenadas a temperatura ambiente en tubos con capacidad de 50 ml, hasta por 2 meses, con lo que se logró mantener hasta un 94.7% de viabilidad.

Manejo experimenta

La siembra fue mecánica y se realizó el 2 de febrero de 2016, la cual ocupó una superficie de 984 m^2 (24 surcos de 50 m de longitud y 0.82 m entre surcos). Se evaluaron tres tratamientos conformados con HMA en presentación líquida y el testigo sin inocular. 1) Inoculación de semilla con HMA comercial Biogea Glomus®, Abonos Biológicos, S.A. de C.V. (*R. intraradices*, 1000 esporas/mL), 100 mL + 500 mL de agua/ha; 2) Inoculación de semilla con la formulación experimental M-inifap-L (*R. intraradices*, 845 esporas/mL), 500 mL + 60 mL de adherente/ha, del Campo Experimental General Terán, INIFAP; y 3) Semilla no inoculada. Para cada tratamiento se inoculó 9 kg de semilla, lo que es recomendable para sembrar una hectárea. Los tratamientos se sembraron en franjas, dos surcos por tratamiento en sembradora de seis surcos, en total fueron cuatro vueltas (ocho repeticiones).

Variables y análisis de información

Los datos se tomaron en subparcelas de cuatro surcos de 3 metros de longitud, en cinco tramos de la parcela. Las variables medidas fueron: altura de planta el 17 de marzo, 8 de abril (inicio de floración) y 6 de junio; el índice de clorofila en inicio de floración, con lecturas en la hoja bandera (n=35) a través de unidades SPAD, con medidor portátil Minolta SPAD-502. En madurez se tomaron aleatoriamente cinco plantas, de las cuales se midió el diámetro de tallo, la longitud de la panoja, la biomasa foliar y radical seca; y el rendimiento de grano obtenido de los dos surcos de cada subparcela, ajustado al 12% de humedad. La información se analizó a través de un análisis de varianza para un diseño completamente al azar y la separación de medias fue a través de DMS (5%).

Resultados y Discusión

La dinámica observada del crecimiento de la planta en los tres registros de altura, exhibió diferencias significativas entre tratamientos (p=0.001, 0.032, 0.005). El 17 de marzo y 8 de abril, la mayor altura se registró con M-inifap-L y el 6 de junio, ambos bioinoculantes superaron por igual la altura de planta del testigo (p=0.005). Al inicio de la floración, el índice de clorofila SPAD mostró diferencias (p=0.023) entre los tratamientos y los mayores índices fueron con los dos bioinoculantes (Cuadro 1). Desde los 46 días después de la siembra (17 de marzo), en las plantas inoculadas con M-inifap-L se pudo diferenciar mayor altura de planta (Cuadro 1). Por el contrario, Desgan *et al*. (2008) determinaron que en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill., cv. F1 M19*) la altura y el número de hojas de la planta fueron semejantes a los 40 días después del trasplante, con o sin inoculación de *Glomus fasciculatum (Gerd. & Trappe) Thaxt. C. Walker & A. Schüßler*. Similar a los resultados observados en este trabajo, Díaz *et al*. (2015) determinaron que, en la madurez de plantas de sorgo, el efecto en altura de planta con diferentes bioinoculantes superó significativamente y de forma equivalente, al tratamiento testigo no inoculado.

Cuadro 1. Alturas de planta en tres muestreos e índice de clorofila (SPAD) a la floración en el sorgo 83G19, con y sin bioinoculantes micorrícicos líquidos.

Tratamiento	Altura de planta (cm)			Clorofila (SPAD)
	17-mar	8-abr	6-jun	(Floración)
Biogea Glomus®	56.7 b*	72.6 b	126.3 a	49.0 a
M-inifap-L	59.5 a	78.3 a	127.7 a	49.9 a
Testigo	54.8 c	73.8 b	123.4 b	46.9 b
P>F	*0.001*	*0.032*	*0.005*	*0.023*
CV%	*2.2*	*6.2*	*2.5*	*5.4*

*DMS,5%

Todas las variables medidas en madurez fisiológica mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. Para el diámetro de tallo y biomasa seca foliar y radical, los dos inoculantes superaron de manera similar a los valores de las plantas testigo (p=0.009, 0.004, 0.007). Díaz *et al* en el (2015), obtuvieron de forma equivalente el mayor diámetro de tallo y biomasa radical de sorgo mediante bioinoculantes comparado con el testigo. Es común observar incrementos de la biomasa, particularmente la radical, con inoculación micorrícica (Arihara y Karasawa, 1999; Loredo *et al*., 2007).

Cuadro 2. Características de planta de sorgo 83G19 en madurez fisiológica y rendimiento de grano en respuesta a la bioinoculación micorrícica líquida.

Tratamiento	Diámetro de tallo (mm)	Longitud de panoja (cm)	Biomasa seca (g)		Rendimiento (kg/ha)
			Foliar	Radical	
Biogea Glomus®	16.8 a*	31.4 b	30.8 a	10.7 a	6381 b
M-inifap-L	17.1 a	32.6 a	31.0 a	11.1 a	6734 a
Testigo	15.2 b	29.3 c	27.4 b	9.0 b	5903 c
P>F	*0.009*	*0.001*	*0.004*	*0.007*	*0.008*
CV%	*4.5*	*2.3*	*16*	*18*	*14.6*

*DMS,5%

Los valores más altos en la longitud de la panoja y el rendimiento de grano, fueron registrados con M-inifap-L (p=0.001, 0.008) (Cuadro 2). Además de los incrementos en las variables de producción observadas, Díaz *et al.* (2008) señalaron que, con la micorrización también se incrementa el peso volumétrico del grano de sorgo en 5%. En general, el impacto en la productividad del sorgo a través de HMA puede ser atribuido a sus diferentes mecanismos simbióticos, así como una mayor exploración del suelo mediante la formación de las hifas externas (Smith y Read, 2008), aun con cepas de la misma especie (Klironomos, 2003). Caris *et al*. (1998) y Bressan *et al.* (2001) demostraron incrementos en la absorción de N, P, K, Fe, Zn y Cu con HMA en comparación con las plantas de sorgo no micorrizadas. Marschner y Dell (1994) y Morgan *et al.* (2005) señalaron que cuando se establece la interacción planta-HMA, la primera transfiere al hongo de 4 a 20 % de los fotoasimilados netos, mientras que el hongo incrementa la asimilación de nutrimentos con aportaciones de hasta 25 % de N, 80 % de P, 10 % de K, 25 % de Zn y 60 % de Cu.

Conclusiones

La micorriza experimental Micorriza-INIFAP-Liquida (*R. intraradices*) es un biofertilizante que compite eficazmente contra el inoculante comercial en presentación liquida y tiene potencial para sustituir a corto plazo a la Micorriza-INIFAP en polvo.

Referencias

Arihara, J. and T. Karasawa. 1999. Effect of previous crops on arbusculara mycorrhizal formation and growth of succeeding maize. Soil Sci Plant Nutr. 46: 43-51.

Bressan, W., J.O. Siqueira., C.A. Vasconcellos and A.A. Purcino. 2001. Mycorrhizal fungi and phosphorus on growth, yield and nutrition of intercropped grain sorghum and soybean. Pesquisa Agrop. Bras. 36: 315-323.

Caris, C., W. Hordt., H. Hawkins., V. Romheld and E. George. 1998. Iron transport by arbuscular mycorrhizal hyphae from soil to peanut and sorghum plants. Mycorrhiza 8: 35-39.

Daniels, B. A. y H. D. Skipper. 1982. Methods of recovery and quantitative estimation of propagules from soil. Pp. 29-35. In. Methods and principles of my- corrhizal research. Ed., N. C. Schenck. American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota.

Desgan, Y.H., S. Kusvaran and I. Ortas I. 2008. Responses of soilless grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal (*Glomus fasciculatum*) colonization in re-cycling and open systems. Afr. J. Biotech. 7: 3606-3613.

Díaz, F.A., Gálvez, L.D y C.F. Ortiz. 2015. Bioinoculación y fertilización química reducida asociadas con el crecimiento de planta y productividad de sorgo. Rev. Int. Contam. Ambie. 31: 245-252.

Díaz, F.A., Q.V. Pecina y E.A. Magallanes. 2008. Micorrización del sorgo (*Sorghum bicolor*): impacto en la productividad en Tamaulipas. Díaz FA y Mayek PN (eds.), La biofertilización como tecnología sostenible. Plaza y Valdes/CONACYT. Pp. 39-53.

Gerdemann, J. W. y T. H. Nicolson. 1963. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Transaction of the British Mycological Society 46: 235-244.

Klironomos, J.M. 2003. Variation in plant response to native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi. Ecology 84:2292-2301.

Loredo, O.C., L.S. Beltrán y M.A. Peña. 2007. Uso de biofertilizantes para la producción de maíz forrajero en condiciones de temporal. Campo Experimental San Luis, INIFAP. Folleto No. 2. 60 p.

Marschner, H and B. Dell. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant Soil 159: 89-102.

Morgan JA, Bending GD and White PJ. 2005. Biological cost and benefits to plant-microbe interactions in the rhizosphere. J. Exp. Bot. 56: 1729-1739.

Smith, S.E and D.J. Read. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. 3a. ed. Academic Press, Londres, Reino Unido, 320 pp.

Vosátka M, Albrechtová J and Patten R. 2008. The international market development for mycorrhizal technology. Mycorrhiza 18: 419-438.

Xiang, W., L. Zhao., X. Xu., Y. Qin and G. Yu. 2012. Mutual information flow between beneficial microorganisms and the roots of host plants determined the bio-functions of biofertilizers. Amer. J. Plant Sci. 3: 1115-1120.

RESPUESTA DEL FRIJOL AL INCREMENTO EN LA CONCENTRACIÓN DE CO_2

Flores-Córdova, M.A.[1*]; Sánchez-Chávez, E.[1]; Muñoz-Márquez, E.[1]

[1]Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Cd. Delicias, Chihuahua, México.

*Autor responsable: mariflor_556@hotail.com; Ave. 4ª sur, Núm. 3820, Col. Vencedores del desierto, Cd. Delicias, Chihuahua, México. CP 33089; Tel. +52(693)-474-8400

Resumen
La vegetación tiene la capacidad de asimilar carbono e incorporarlo a su estructura, es decir, lo fija y lo mantiene almacenado por largos periodos a través de la fotosíntesis. El presente trabajo tiene como objetivo realizar una simulación de la respuesta de la planta de frijol al incremento de la concentración de CO_2 en la biomasa y rendimiento, en interacción con los cambios de la radiación y temperatura, mediante el uso del programa de simulación EPIC, obteniéndose resultados altamente significativos al analizar estadísticamente los resultados obtenidos.

Palabras clave
Fotosíntesis; rendimento; temperatura; *Phaseolus vulgaris*

Introducción
La concentración de CO_2 en la atmósfera ha venido incrementando de manera exponencial a razón de unos 1,5 µmol mol^{-1} $año^{-1}$ desde finales del siglo XVIII como resultado de la quema de combustibles fósiles, y se predice una concentración similar al doble de la concentración pre-industrial (280 µmol mol-1) para mediados del siglo XXI. Esta elevación de la [CO_2] seguramente tendrá efectos importantes sobre la fisiología de las plantas y la producción de biomasa, ya que gran cantidad de estudios, mayoritariamente realizados en regiones templadas, han demostrado que la tasa fotosintética y el crecimiento de plantas C_3 incrementa con un aumento de la [CO_2] de cultivo.

El CO_2 es de gran importancia para las plantas, puesto que interviene en la fotosíntesis, la cual se inicia con la captación de la luz por los pigmentos fotosintéticos accesorios y su conversión en energía electrónica por los pigmentos clorofílicos de los centros de reacción, proceso en el cual las plantas liberan oxígeno y absorben carbono para alimentar a todas las células, formando las estructuras morfológicas y los diferentes productos de reserva que se almacena en frutos, semillas, raíces, tallos, hojas y otras estructuras de los vegetales, dependiendo del tipo de cultivo. Estos órganos de reserva y almacenamiento son los que interesan en la producción. El 45 % del peso de las plantas está formado de carbono que es tomado de la atmósfera (Carrillo, 2004). Concentraciones elevadas de CO_2 incrementan la tasa de fotosíntesis en especies de plantas C_3 (granos pequeños, leguminosas, muchos árboles y cultivos de raíz), creciendo bajo condiciones controladas y reduciendo el uso de agua en especies C_3 y C_4 (maíz, sorgo, caña de azúcar, mijo).

Todavía no se prueba si el aumento de la concentración del CO_2 atmosférico ejerza los mismos efectos sobre los cultivos desarrollados en campo y sobre comunidades ecológicas donde el crecimiento puede estar limitado por la humedad, escasez de nutrimentos, temperaturas desfavorables, ataque de plagas y enfermedades. No obstante, la preponderancia de la evidencia a favor del significativo efecto del incremento de CO_2 sobre el rendimiento, uso del agua y el efecto de la "fertilización" en la

reducción de las restricciones para el rendimiento impuestas por las altas temperaturas, salinidad y quizás un déficit uniforme de nutrimentos hacen apropiado proveer un medio para modelar este fenómeno (Pérez-Nieto, 2005).

Por lo que este trabajo pretende, mediante el uso de un programa de simulación EPIC, analizar y obtener información sobre los efectos que puedan provocar concentraciones altas de CO_2 sobre el cultivo de frijol.

Materiales y Métodos

Se procesaron los datos de las estaciones meteorológicas de Chapingo, Edo. de México, contenidos en la base de datos climatológicos, ERICIII. Una vez extraídos los datos, fueron formateados para ser procesados por el programa de simulación EPIC. Se generaron los archivos los cuales se complementaron con los datos edáficos y de manejo del cultivo de frijol considerando las siguientes variantes:
Condición normal: en todos los parámetros ambientales para la estación de Chapingo. Se tomó como referencia la concentración normal de 330 ppm y como experimentales 350 ppm, 450 ppm, 550 ppm, 650 ppm y 750 ppm de CO_2 y se procedió a correr cada una de las bases, y fueron procesadas por el programa de simulación EPIC, generando archivos de salida de cien años, con extensión EPY, EPD y OUT los cuales con los datos obtenidos de radiación e índice de área foliar, se calculó la Radiación Fotosintéticamente Activa Interceptada en MJ. De los archivos con extensión OUT se obtiene el Rendimiento y el Uso eficiente del agua para cada simulación (Pérez-Nieto, 2005).

Resultados y Discusión

En la figura 1 podemos apreciar los resultados obtenidos para la simulación de biomasa en la localidad de Chapingo, en la cual se puede apreciar cómo se incrementa la biomasa con la aplicación de 450 ppm de CO_2, y una radiación alta, haciendo una comparación con el testigo.

Por su parte Cockshull, (1989), menciona que existe una relación directa entre la cantidad de radiación solar que un cultivo ha recibido y la cosecha que podemos obtener de él. Si lo cultivamos correctamente, es decir si disminuimos la radiación solar, el rendimiento y la biomasa del cultivo serán más bajos que los normales, aun si aumentamos la concentración de CO_2.

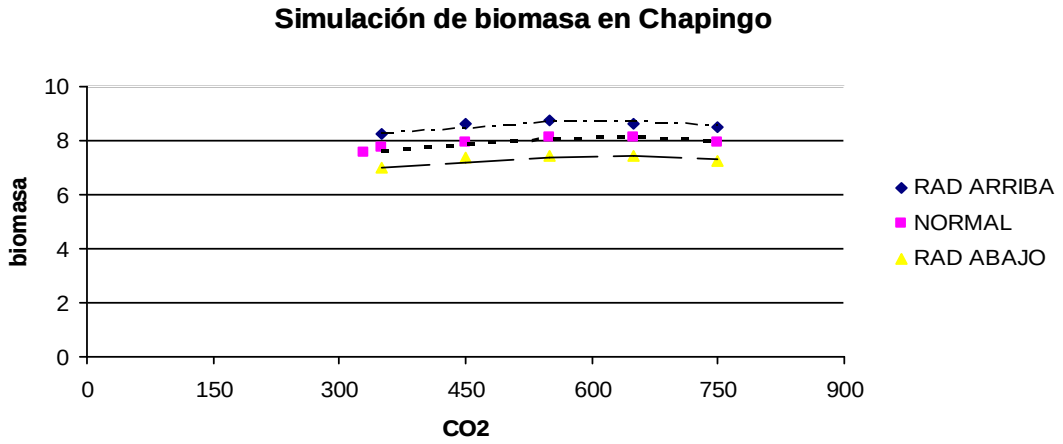


Figura 1. Simulación del comportamiento de biomasa en la localidad de Chapingo, con radiación -15 %, 0 y +15 %.

En la figura 2 se observa el comportamiento de las simulaciones en la localidad de Chapingo, en donde se aprecian diferencias entre las distintas concentraciones de CO_2, así como en el uso eficiente de la temperatura. A temperaturas altas el rendimiento es bajo, pero a temperaturas bajas y a una concentración de 500 ppm de CO_2, podemos ver como se incrementa la biomasa, sin embargo, a los 600 ppm de CO_2 se nota como vuelve a decaer.

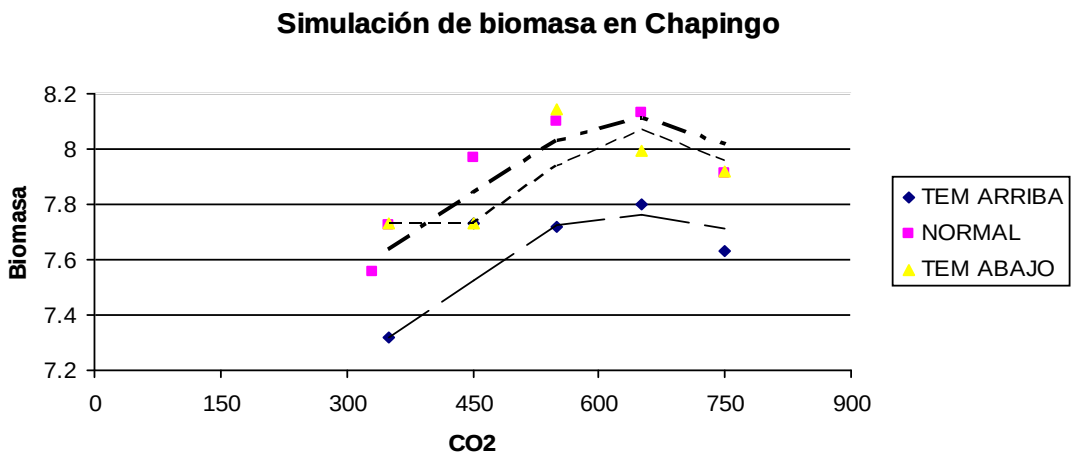


Figura 2. Simulación del comportamiento de biomasa en la localidad de Chapingo, con temperatura -2.5, 0 y +2.5 °C.

Como ya se había mencionado anteriormente, el frijol es una planta C_3, motivo por el cual no resiste muchas temperaturas altas, puesto que tiende a ser de clima cálido, por lo que se puede apreciar que tiende a responder a temperaturas más bajas.

Por otro lado Sánchez, *et al.*, (2000) señala que varios autores han encontrados efectos positivos en especies de frijol en el incremento de la concentración atmosférica de CO_2, influenciando en la respuesta de la planta e incrementando la biomasa aun cuando no se observe efecto sobre la tasa instantánea de fotosíntesis. Dichas investigaciones se han llevado a cabo con especies que presentan un metabolismo tipo C_3, obteniéndose incrementos hasta de un 50%.

De acuerdo a Padilla *et al.*, (2008) en frijol las temperaturas óptimas deben ser entre 15 y 27 ºC durante el día y de 10 a 21 ºC, indicando que la alta humedad relativa favorece un mayor cuajado de frutos, pero también la diseminación de enfermedades foliares.

En las figuras 3 y 4 podemos observar el mismo escenario que en las de rendimiento para la localidad de Chapingo. El rendimiento y la producción de biomasa fue mayor que el normal con radiaciones de 15% + con 450 y 500 ppm. Este comportamiento se explica ya que según Gizana (2004), el CO_2 es uno de los principales sustratos de la fotosíntesis. Las concentraciones elevadas de CO_2 disminuyen la respiración, y la transpiración a través de la conductancia estomática. Se han reportado resultados similares, positivos en cuanto al enriquecimiento con CO_2 sobre el crecimiento y calidad de las plantas, los cuales en esta simulación se lograron con 550 y 650 ppm para Chapingo. Con altas concentraciones de CO_2 en el aire, las hojas exportan más foto-asimilados que en un ambiente normal.

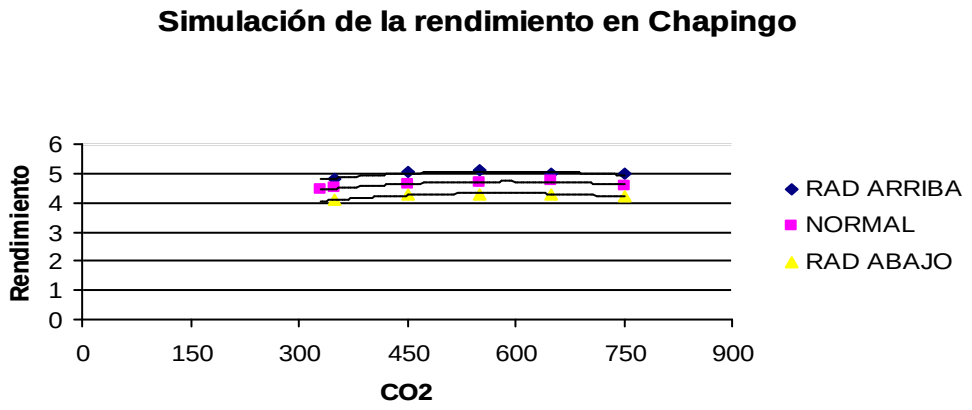


Figura 3. Simulación del comportamiento del rendimiento en la localidad de Chapingo, con radiación -15 %, 0 y +15 %.

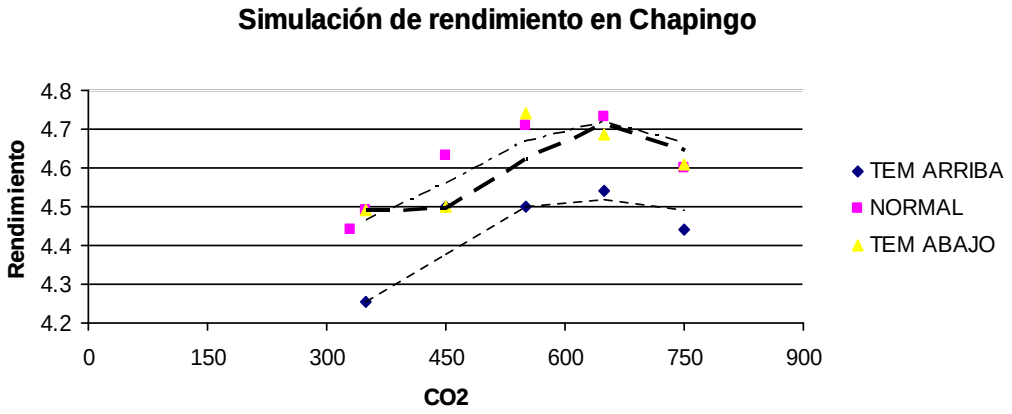


Figura 4. Simulación del comportamiento del rendimiento en la localidad de Chapingo, con temperatura -2.5, 0 y +2.5 °C.

Por lo que el rendimiento y la biomasa tuvieron un incremento con el aumento de la radiación, así como la baja temperatura a una concentración de CO_2 de 400 y 500 ppm. Así, por debajo de 25 °C las plantas C_3 que es el caso del frijol el cual tiene un rendimiento quántico y por lo tanto de biomasa elevada (Gliesman, 2001).

Conclusiones

La concentración del CO_2 es uno de los factores ambientales con mayor influencia sobre la fotosíntesis y sobre el rendimiento y producción de biomasa de las plantas, como se ha podido observar en la localidad de Chapingo. Aumentar la radiación dentro del área de cultivo es una forma de inducir mayores tasas fotosintéticas que se reflejan en el incremento de la biomasa y rendimiento de la simulación realizada.

En cuanto a la temperatura, la capacidad fotosintética de cada especie tiene un óptimo de temperatura. La mayor eficiencia de fotosíntesis ocurre a la temperatura adecuada para el cultivo de frijol tomando en cuenta que es una planta C_3, de clima cálido.

El modelo EPIC es una buena herramienta para pronosticar rendimientos de cultivo, así como las respuestas a las concentraciones de CO_2 por lo que se considera altamente efectiva

Referencias

Carrillo, L. 2004Energía de biomasa. 1° ed. S.S. Jujuy: el autor. 82 p.

Cockshull K.E. 1989. The influence of energy conservation on crop productivity. Acta Horticulturae 245: 141-146.

Herrera, A.; Fernandez, D.; Rengifo, E.; Tezara, W. 2001. Efecto de la concentración elevada de CO_2 sobre la fotosíntesis en especie tropical. Interciencia 26 (10): 469-471.

Gizana P., R. 2004. Estudio del cambio climático y su efecto en la producción de granos básicos. Tesis. 1-73 p.

Gliessman, S.R. 2002. Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sostenible. Editorial Turrialba. Costa Rica.

López, H., M.; Peña, V., B Aguirre, R. J. L.; Trejo, L., C.; López, E., A. L. 2004. Estudio comparativo de intercambio gaseoso y parámetros fotosintéticos en dos tipos de hojas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre y domesticado. Revista UDO Agrícola 7 (1): 49-57.

Pérez-Nieto, J. 2005. Manual de prácticas de Ecofisiología Vegetal. Fitotecnia. U.A.Ch.

Sánchez, E., P.; Larqué-Saavedra, A.; Nava, S., T. ; Trejo, C. 2000. Respuesta de plantas de maíz y frijol al enriquecimiento de dióxido de carbono. Agrociencia 34 (003): 311-320.

Padilla, V. I.; Salinas, P., R.; Acosta, G., J.A.; Rodríguez, C., F. G. 2008. Adaptación y estabilidad del rendimiento en genotipos de azufrado en el sur de Sonora, México.

Polania, A.; Pérez, G. 1982. Respuesta fotosintética de algunas variedades de maíz frijol y café. Revista Colombiana de Química 11(2): 63-82.

NIVELES DE CADMIO, PLOMO Y COBRE EN ALFALFA (*Medicago sativa*) IRRIGADA CON AGUA RESIDUAL CRUDA, TRATADA Y MEZCLADA

García-Carrillo, M[1*].; Ogaz, A[1].; Madinaveitia –Ríos, H[1].; López-Hernández, I[1].; Ramírez-Gottfried, R.I.[1]; Luna-Ortega J.G.[2]

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila, México.
[2]Universidad Politécnica de la Región Laguna, Coahuila, México.

*mgc570118@hotmail.com; Periférico Raúl López Sánchez s/n Col. Valle Verde, Torreón, Coahuila, México, C.P. 27054, Tel: 01 871 7297677.

Resumen
Las aguas residuales por su rico contenido de materia orgánica son muy benéficas en los cultivos donde son utilizadas. También este tipo de aguas contienen altos niveles de metales pesados y microorganismos. La problemática de los metales pesados como plomo, níquel, cadmio y manganeso, presentes en el agua residual utilizada para riego, radica principalmente en que pueden ser acumulados en los suelos agrícolas. Resultan peligrosos por su carácter no biodegradable. (Mancilla *et al*., 2012). El objetivo de este trabajo fue: determinar las concentraciones de cadmio, plomo y cobre en el cultivo de alfalfa irrigada con agua residual cruda, tratada y mezclada. Se utilizó un diseño completamente al azar, evaluando tres tratamientos (agua cruda, tratada y mezclada) con 4 repeticiones, en tres niveles de respuesta (hoja, tallo y raíz); asimismo, se realizó una prueba de medias (Tuckey), utilizando el programa SAS. El cobre fue el metal pesado encontrado con la más alta concentración en el cultivo de la alfalfa irrigada con los tratamientos evaluados. La alfalfa irrigada con agua residual cruda presentó las mayores concentraciones de cobre, plomo y cadmio en valores de 4.10, 1.85 y 0.10 mg/kg, respectivamente. El cadmio fue el metal pesado encontrado en las concentraciones más bajas, variando en el rango de 0.04 - 0.10 mg/kg.

Palabras Claves
Agua; Alfalfa; Metales.

Introducción
La escasez de agua dulce se ha convertido en un problema creciente en gran parte del territorio nacional y específicamente en la región de la Comarca Lagunera. Actualmente la agricultura ocupa más del 70% de los recursos hídricos disponibles en el planeta. Esto ha provocado que reciclar y utilizar las aguas residuales de espacios urbanos en cultivos agrícolas sea una práctica cada vez más frecuente.

El agua dulce es un recurso vital, pero cada día más escaso. Esta escasez es originada por el crecimiento demográfico, la urbanización y la industrialización asociada a nuevas demandas potenciales sobre los recursos hídricos existentes, a lo que se suman los conflictos asociados a los cambios climáticos, de ahí que el reúso creciente de aguas residuales para la agricultura, la acuicultura, la recarga de agua subterráneas y otros usos se planifique y se incremente paulatinamente (González & Chiroles, 2011)

Por ser un recurso estratégico para el desarrollo económico y la supervivencia de los países en vías de desarrollo. El problema principal del agua es la pérdida de su calidad original y su creciente escasez para uso agrícola, urbano y ambiental. Así, la reutilización del agua es una actividad crítica,

principalmente en zonas semidesérticas o con una disponibilidad de agua renovable muy escasa (Acosta *et al*., 2013). Las aguas residuales por su rico contenido de materia orgánica son muy benéficas en los cultivos donde son utilizadas. También este tipo de aguas contienen altos niveles de metales pesados y microorganismos. Los microorganismos representan un grave riesgo para la salud humana al igual que los metales pesados.

Los metales pesados son altamente contaminantes para suelos ya que quedan depositados en ellos y es muy difícil eliminarlos. El Cobre (Cu), Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) son algunos de los elementos que se encuentran presentes en las aguas residuales.

Según (Montemayor *et al*., 2012) la Alfalfa (*Medicago sativa*), es una de las leguminosas más utilizadas para la alimentación de ganado bovino en las regiones áridas y semiáridas de México. El área que se cultiva con alfalfa en México, es de 156 141 ha y se obtiene un rendimiento promedio de 19.8 toneladas por ha al año de forraje henificado. Durante el ciclo agrícola 2009, se sembró una superficie de 38 501 ha con alfalfa en la Comarca Lagunera. La producción de este forraje está relacionada con la cantidad de nutrientes disponibles durante el crecimiento de esta leguminosa.

Los altos niveles de metales pesados como plomo, níquel, cadmio y manganeso, presentes en suelos y agua negra, utilizada para riego agrícola radican principalmente, que pueden ser acumulados en estos sistemas de suma importancia para la agricultura. Por su carácter no biodegradable, la toxicidad que ejercen sobre los diferentes cultivos y su biodisponibilidad, puede resultar peligrosos (Prieto, *et al*., 2009).Siebe (1994) realizó un trabajo donde se estudiaron las tendencias de acumulación de metales pesados en secuencias representativas que llevan diferente tiempo bajo riego. También investigó la disponibilidad de esos metales pesados para los principales cultivos (alfalfa y maíz) comparando parcelas que han sido regadas durante 80 años con agua residual con aquellas en que ha sido empleada agua de pozo o que son de temporal. Encontró que la disponibilidad de Cd, Pb y Zn es moderada, no obstante, su inclinación a incrementarse conforme aumenta los años de riego, siendo el Cd el más disponible. Por otra parte, el Cu tiende a ser retomado por las plantas en menor cantidad, lo cual se atribuye a su inmovilización por la materia orgánica adicionada a los suelos por medio del agua residual.

Vázquez *et al*. (2001) cuantificaron en alfalfa concentraciones de Ni y Pb influenciadas por la aplicación de riego con agua residual. Encontraron que la concentración de Cd en agua residual fue superior al límite permisible en México. Además, alfalfas regadas con esas aguas tenían concentraciones de Cr y Pb superiores a los valores considerados normales en tejido vegetal. Se estima que existe un proceso de acumulación de metales pesados en la región del Valle del Mezquital. La problemática de los metales pesados como plomo, níquel, cadmio y manganeso, presentes en el agua residual utilizada para riego, radica principalmente en que pueden ser acumulados en los suelos agrícolas. Resultan peligrosos por su carácter no biodegradable (Mancilla, *et al*., 2012).

Todas las plantas adsorben metales del suelo donde se encuentran, pero en distinto grado, dependiendo de la especie vegetal, y de las características y contenido en metales del suelo. Las plantas pueden adoptar distintas estrategias frente a la presencia de metales en su entorno las plantas hiperacumuladoras pueden superar en 100 o más veces los valores normales de metales acumulados. Estas plantas son especies muy tolerantes a uno o más metales pesados y a menudo su distribución está restringida a suelos ricos en un amplio rango de concentraciones de metales, pues no son competitivas en zonas no contaminadas. La hiperacumulación ha evolucionado en más de 40 especies de plantas repartidas en 45 familias botánicas (Llugany, *et al*., 2007).

El objetivo de este trabajo fue: determinar las concentraciones de cadmio, plomo y cobre en el cultivo de alfalfa irrigada con agua residual cruda, tratada y mezclada.

Materiales y Métodos

Ubicación geográfica: Las muestras de este trabajo fueron recolectadas en la Comarca Lagunera en diferentes predios ubicados a los alrededores de la planta tratadora de aguas negras de la colonia Valle Oriente. Con ayuda de un GPS se tomó la ubicación exacta de cada punto de muestreo.

Muestreo: Se tomó como referencia una superficie de aproximadamente 1 ha. Lo primero que se realizó fue medir y marcar un metro cuadrado en la superficie de la alfalfa. Después de esto se procedió a extraer la planta con palas tratando de sacarla con la mayor parte posible de su raíz.

Lavado: esto se llevó a cabo utilizando un cepillo y una esponja además de agua red. Al término todas las muestras fueron enjuagadas con agua destilada.

Secado: Al finalizar el procedimiento anterior, se dejaron dentro del laboratorio las muestras extendidas en bolsas de papel canela durante una semana a una temperatura promedio de 30 grados centígrados.

Separación de la planta: Después de lo anterior se realizó la separación de la planta, en las hojas, tallos y raíces de cada muestra.

Preparación de las digestiones: después de tener separadas las muestras en hojas, tallos y raíces, se etiquetaron bolsas de papel para posteriormente colocar las muestras en ellas y así poderlas trasladar al INIFAP de la ciudad de Matamoros, Coahuila donde se llevó a cabo el proceso de molienda y digestión. Este proceso se llevó a cabo utilizando un molino. Al terminar la molienda de las muestras se inició inmediatamente con el proceso de digestión, en el cual el primer paso fue pesar 0.5 gr de cada muestra.

Después de esto, se colocó en un recipiente agregando 2 mL de agua oxigenada y 6 mL de ácido nítrico. Ya con las muestras preparadas se procedió a colocarlas en el equipo Ethos One Microwave Digestión System, este aparato deja girando las muestras durante 50 min a una temperatura de 200°C.

Al terminar el proceso se dejan enfriar las muestras para poder retirarlas y el contenido se vacía en frascos de 100 mL aforando con agua destilada.

Análisis estadístico: Se utilizó un diseño completamente al azar, evaluando tres tratamientos (agua cruda, tratada y mezclada) con 4 repeticiones, en tres niveles de respuesta (hoja, tallo y raíz); asimismo, se realizó una prueba de medias (Tuckey), utilizando el programa SAS.

Determinación de metales pesados: La cuantificación de metales pesados se realizó en un espectrofotómetro de adsorción atómica Perkin Elmer modelo AANALYST200, una solución estándard de 1000 ppm de cada metal pesado estudiado se utilizó para la curva de calibración. Estas determinaciones se realizaron en un laboratorio acreditado por la EMA (Entidad Mexicana de Acreditación).

Resultados y Discusión.

Los principales resultados encontrados en el presente trabajo de investigación se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Concentración de Metales Pesados encontrados en Hoja, Tallo y raíz del cultivo de alfalfa irrigada con agua residual cruda, tratada y mezclada.

		Hoja			Tallo			Raíz		
Tratamiento	Repetición	Concentración (mg/kg)			Concentración (mg/kg)			Concentración (mg/kg)		
		Cadmio	Cobre	Plomo	Cadmio	Cobre	Plomo	Cadmio	Cobre	Plomo
1	1	0.1	2.18	1.66	0.1	5.8	3.3	0.1	2.78	0.79
1	2	0.1	1.989	2.79	0.1	3.57	6.48	0.1	4.25	2.71
1	3	0.1	0.665	1.317	0.1	5.37	1.24	0.1	1.635	2.04
1	4	0.1	1.77	1.58	0.1	1.66	1.322	0.1	4.16	1.07
2	1	0.1	1.016	1.17	0.1	3.7	0.78	0.1	1.04	1.527
2	2	0.1	0.554	1	0.1	1.21	2.447	0.1	0.847	1.048
2	3	0.1	0.327	1.054	0.1	1.36	2.18	0.1	0.719	1.351
2	4	0.1	0.697	1.271	0.1	1.242	2.103	0.1	0.751	1.103
3	1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
3	2	0.0675	0.2813	0.148	0.0305	0.3131	0.217	0.0117	0.2931	0.171
3	3	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
3	4	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

T_1= Alfalfa regada con agua residual cruda.
T_2= Alfalfa regada con agua residual tratada
T_3= Alfalfa regada con agua residual mezclada (relación 1:1 agua residual tratada, agua de pozo)

En el cuadro 1 se observa que el cobre fue el metal pesado encontrado con la mayor concentración en los tratamientos evaluados; con un promedio de 4.10 mg/kg en los tallos de la alfalfa, seguido por la raíz con 3.21 mg/kg y 1.66 mg/kg en las hojas de la alfalfa irrigada con agua residual cruda. Así mismo, el plomo se encontró en mayor concentración en los tallos con un valor de 3.01 mg/kg seguido por la hoja con 1.85 y la raíz con 1.65 mg/kg de la alfalfa irrigada con agua residual cruda. El cadmio se encontró en las concentraciones más bajas, en un rango que vario entre 0.04-0.10 mg/kg en hojas tallo y raíz de los tratamientos evaluados.

Estos resultados no coinciden con lo reportado por Siebe (1994) quien menciona que el cadmio es el metal pesado más disponible para ser absorbido por la alfalfa y que el cobre es tomado por las plantas en menor cantidad, lo cual se atribuye a su inmovilización por la materia orgánica adicionada a los suelos por medio del agua residual; sin embargo, habrá que considerar el tiempo en el cual se ha utilizado este sistema de producción agrícola, entre otros factores.

Conclusiones

El cobre es el metal pesado encontrado con la más alta concentración en el cultivo de la alfalfa irrigada con los tratamientos evaluados.

La alfalfa irrigada con agua residual cruda presento las más altas concentraciones de cobre, plomo y cadmio en valores de 4.10, 1.85 y 0.10 mg/kg, respectivamente.

El cadmio fue el metal pesado encontrado en concentraciones más bajas (0.04 - 0.10 mg/kg) en el cultivo de la alfalfa irrigada con los tratamientos evaluados.

Referencias

Acosta Zamorano, D., Macías Carranza, V., Mendoza Espinosa, L. & Cabello Pasini, A., 2013. Efecto de las aguas residuales tratadas sobre el crecimiento, fotosíntesis y rendimiento en vides temoranillo (*Vitis vinifera*) en Baja California, México. Agrociencia, XLVII (8), p. 753-766.

González González, M.I. & Chiroles Rubalcaba, S., 2011. Uso seguro y riesgos microbiológicos del agua residual para la agricultura. Revista Cubana de Salud Pública, XXXVII (1), pp. 61-73.

Llugany, M., Tolrá., R., Poschnrieder, C. & Barceló, J., 2007. Hiperacumulación de metales: ¿una ventaja para el hombre? Revista Ecosistemas, Mayo, XVI (2), pp. 4-9.

Mancilla Villa, Ó. R., 2012. Metales pesados totales y arsénico en el agua para riego de Puebla y Veracruz. Rev. Int. Contam. Ambie., XXVIII (1), pp.39-48.

Montemayor Trejo, J.A., 2012. Producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivada con riego sub-superficial y diferentes niveles de fosforo. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Septiembre-Octubre, III (7), pp. 1321-1332.

Prieto Méndez, J., González Ramírez, C.A., Román Gutiérrez, A. D. & Prieto García, F., 2009. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. Tropical and Subtropical Agroecosystems, X (1), pp. 29- 44.

Siebe, C., 1994. Acumulación y Disponibilidad de Metales Pesados en Suelos Regados con Aguas Residuales en el Distrito de Riego 03, Tula, Hidalgo, México. Julio. p. 21.

Vázquez Alarcón, A., 2001. Cadmio, níquel y plomo en agua residual, suelos y cultivos en el Valle del Mezquital, Hidalgo, México. Agrociencias, XXXV (3), pp. 267-274.

EL SUELO COMO DEPURADOR NATURAL DE LAS AGUAS RESIDUALES DE UN INGENIO AZUCARERO

González-Meraz, J.[1*]

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos. México.

*Autor responsable: jgmeraz@tlaloc.imta.mx; Paseo Cuaunáhuac # 8532, Colonia Progreso, Jiutepec, Morelos, México, C. P. 62550, tel. +52(777)-329-3600, ext. 196

Resumen
Se evaluó la calidad del agua de la descarga y del agua subterránea somera producto de la percolación de las mismas aguas de descarga a través del suelo, aplicadas para regar un área de cultivo aledaña al ingenio Emiliano Zapata, en Zacatepec, Morelos. El efecto de los suelos del área de estudio, sobre la remoción de contaminantes de las aguas residuales del ingenio Emiliano Zapata, fue la remoción de más de 5 veces la cantidad de N total y 68% de P total de las aguas de descarga de ingenio, promueve los procesos de nitrificación al aumentar en un 69% la concentración de nitratos y nitritos en las aguas freáticas (percoladas), eleva el pH del agua freática en 0.3 unidades con respecto al agua de descarga, y no tiene efecto sobre la variación de la CE del agua de descarga con respecto a la CE de las aguas freáticas. De esta manera, el suelo remueve nitrógeno y fósforo de las aguas residuales del ingenio Emiliano Zapata, protegiendo así el agua subterránea somera existente en el área de estudio.

Palabras clave
Suelo; efluente; remoción; freático

Introducción
Los métodos naturales de tratamiento engloban aquellos sistemas en los cuales el tratamiento principal es proporcionado por componentes del medio natural. Habitualmente se diferencian dos grandes grupos, los métodos de tratamiento mediante aplicación en el terreno (suelo) y los sistemas acuáticos. En todos ellos, el efecto depurador se debe a la acción conjunta de la vegetación, suelo, microorganismos (terrestres y acuáticos) y en menor medida, a la acción de animales superiores, sin la intervención de agentes artificiales (Álvarez *et al*., 2002). Los mismos autores señalan que estos procedimientos naturales se caracterizan, en general, por sus menores necesidades de personal de operación y mantenimiento, menor consumo energético y menor producción de lodos. Como resultado de las anteriores características, resultan sistemas de tratamiento de bajo costo. Sin embargo, estos sistemas requieren mayores superficies de terreno. Este factor, a veces limitante, es el que determina que los llamados métodos naturales de tratamiento sean los apropiados y aconsejados para comunidades rurales.

El rasgo común de todos los métodos de tratamiento en el suelo es la depuración conseguida a través de los procesos físicos, químicos, biológicos naturales, desarrollados en el sistema agua-suelo-planta-matriz rocosa, reduciendo los contaminantes remanentes a través de fenómenos físicos, químicos y biológicos, entre los que destacan filtración, adsorción, intercambio iónico, precipitación química, oxidación y reducción química y biológica, conversión y degradación biológica de los contaminantes (Metcalf y Eddy, 1991). Está documentado que estos sistemas eliminan con alta eficiencia la gran mayoría de los contaminantes del agua residual, en especial sólidos suspendidos, materia orgánica,

nutrientes y microorganismos patógenos, todo lo anterior esta en función de la operación alternada de llenado-secado, tipo de suelo y tasa de infiltración (Bitton y Harvey, 1992).

El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto del suelo, como un medio de remoción de nitrógeno y fósforo contenidos en el agua residual proveniente del ingenio Emiliano Zapata.

Materiales y Métodos

El área de estudio es parte del área de abastecimiento del ingenio Emiliano Zapata y se localiza entre las ciudades de Zacatepec y Jojutla. Ocupa una extensión de aproximadamente 300 ha. La precipitación media anual es de 999.8 mm anuales, con un máximo de lluvia en los meses de julio y agosto. La temperatura media anual es de 23.0°C. Los meses más cálidos del año son abril y mayo, alcanzando temperaturas de hasta 40°C. En contraste, los meses más fríos son diciembre y enero, descendiendo la temperatura hasta los 6°C. Los suelos del área corresponden a Fluvisoles, del pH ligeramente alcalino (7.1-7.9), conductividad eléctrica baja (menos de 1 dS/m) y altos contenidos de Ca y Mg respecto al Na.

La temporada de zafra del ingenio va desde noviembre hasta mayo, periodo durante el cual la descarga de aguas residuales de la fábrica es permanente y normalmente son utilizadas para el riego de los cañaverales. Sin embargo y como resultado de las deficientes prácticas de riego, existen descargas directas de esta agua al río Apatlaco. Localmente se acostumbra regar con agua de "achololes" o de escurrimiento superficial excesivo (coleos) proveniente de parcelas que se riegan aguas arriba. Esta práctica implica poca atención de parte de los regadores para atender los riegos.

Se evaluó la calidad del agua de la descarga, así como la dinámica y calidad de las aguas subterráneas someras, previo conocimiento de que dicha área ha sido regada con las aguas residuales del ingenio por más de treinta años. El periodo de evaluación de las aguas de descarga fue durante 2010 y el primer semestre de 2011. Para el monitoreo de las aguas superficiales se realizaron 2 muestreos de 24 horas cada uno y consistió de seis muestras tomadas a intervalos consecutivos de 4 horas. Los parámetros analizados fueron aquellos que señalan la NOM-001-SEMARNAT-1996 y la LFD: temperatura, coliformes fecales (CF), huevos de helminto (HH), grasas y aceites (GyA), materia flotante (MF), nitrógeno total (NT), fósforo total (PT), sólidos suspendidos totales (SST), sólidos sedimentables (SS), demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO), metales pesados (As, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni Pb y Zn) y cianuros. Además, se incluyeron la conductividad eléctrica (CE), pH y nitratos y nitritos ($N\text{-}[NO_3+NO_2]$). Para el monitoreo de las aguas subterráneas se instalaron 18 pozos de observación del nivel freático somero. De estos 18 pozos de observación, 6 fueron seleccionados para obtener muestras del agua freática para determinar su calidad físico-química y se analizaron los mismos parámetros que en las muestras del agua de descarga superficial.

Dado que estos resultados son complementarios a lo presentado en trabajos anteriores sobre el mismo estudio, ahora se analizarán los datos de CE, pH, N total, $N(NO_3 - NO_2)$ y P total.

Resultados y Discusión

En la figura 1 se muestra la variación de la conductividad eléctrica (CE) encontrada en los dos muestreos del efluente (descarga) del ingenio y los tres muestreos de las aguas freáticas.

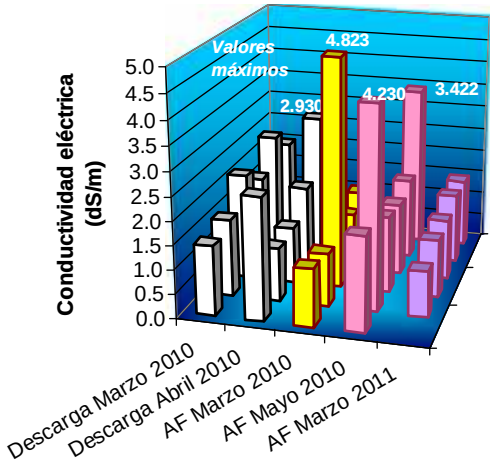


Figura 1. Comportamiento de la conductividad eléctrica (dS/m) en los efluentes (barras blancas) y las aguas freáticas (barras de color).

En la figura anterior se observan algunos valores que alcanzan más de 4 dS/m, obteniéndose valores máximos y mínimos de 2.93 y 1.12 dS/m (promedio 1.90) para las muestras del efluente. Para las muestras de agua freática resultaron valores máximos y mínimos de 4.82 y 0.96 dS/m (promedio 1.95). Por otro lado, los valores de Relación de Adsorción de Sodio (RAS), de las aguas freáticas son bajos (máximo de 6.22, mínimo 0.37 y promedio 1.32), si se considera que el límite establecido para daños a los cultivos por sodicidad es de 13.0.

A pesar de que los valores de CE son relativamente altos (la caña de azúcar es poco tolerante a la salinidad), el rendimiento medio de la caña de azúcar en la zona de estudio (100 ton/ha) es superior a la media nacional (75 ton/ha). Este caso es emblemático en cuanto que el daño por salinidad está más en función del tipo de ion dominante que por una CE alta *per se*. Los valores bajos de RAS indican que los cationes dominantes son el Ca_2^+ y Mg_2^+ por encima del Na^+, los cuales no representan un riesgo potencial ni para el suelo, ni para el cultivo, como lo sería si el ion Na fuera el dominante. En campo no se observan ni se reportan daños por salinidad o sodicidad en el cultivo.
En la figura 2 se muestra la variación del pH encontrada en los dos muestreos del efluente del ingenio y los tres muestreos de las aguas freáticas.

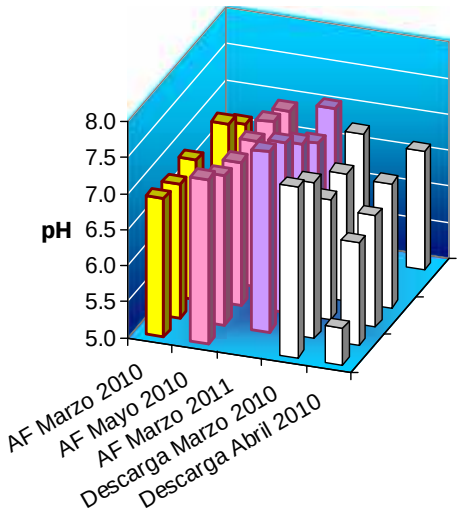


Figura 2. Comportamiento del pH en los efluentes (barras blancas) y las aguas freáticas (barras de color).

De la figura anterior se observa que los valores de pH se encuentran mayormente entre 6.0 y 7.0, existiendo picos puntuales en tiempo con valores tan altos como 9.09 en el efluente del ingenio y 9.70 en agua freática. Estos picos deben corresponder a descargas puntuales con elementos muy ácidos o muy alcalinos que se presentan durante el periodo de zafra y que deben ser controlados desde la fábrica para evitar la contaminación y los daños consecuentes a los cultivos que se riegan en esos lapsos de tiempo. Al eliminar los valores extremos, se obtiene un promedio de 7.02 para las aguas freáticas y 6.68 para los efluentes (descargas). Se observa así una ligera tendencia de aumento del pH de las aguas freáticas con respecto al agua cruda de la descarga.

En la figura 3 se observa que las concentraciones de nitrógeno (N) total en las aguas freáticas, en ningún caso exceden el límite permisible que marca la NOM-001-SEMARNAT (1996), que es de 60 mg/L y 40 mg/L en promedio mensual y diario respectivamente, para descargas en ríos y uso en riego agrícola. Ningún resultado presentó un valor de concentración mayor a 10 mg/L, incluyendo las muestras de agua de descarga. La concentración de N total tiende a ser mayor en las aguas de descarga que en aquellas de las aguas freáticas, siendo sus promedios 14.90 y 2.56, respectivamente, lo cual es concordante con el hecho de las aguas de descarga transportan una gran cantidad de materia orgánica proveniente del bagazo de la planta de caña de azúcar, es decir, gran cantidad de N en forma de proteína vegetal. El agua freática, por otro lado, después de haber percolado a través del suelo, presentan una cantidad relativamente menor de N total, aparentemente como resultado de la retención del N orgánico y de las formas solubles de N por los coloides del suelo.

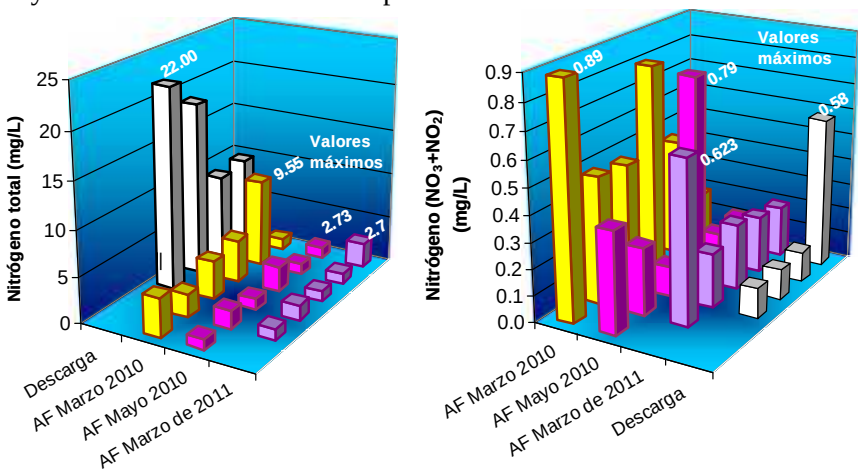


Figura 3. Comportamiento de Nitrógeno en forma de y Nitrógeno total (mg/L) y N(NO_3 - NO_2) (mg/L) en el efluente (barras blancas) y en el agua freática (barras de color).

De la figura anterior, se observa que las concentraciones de nitratos (NO_3^-) y nitritos (NO_2^-) en las aguas freáticas presentan una tendencia al aumento (69% en promedio) en su concentración con respecto al resultado del agua de descarga, con promedios de 0.39 y 0.23, respectivamente, lo cual indica que tienden a activarse los procesos de nitrificación en el suelo a partir de una fuente de N orgánico proveniente de las aguas de descarga. Es improbable que los nitratos y nitritos del agua freática provengan de un efecto residual de los fertilizantes aplicados al cultivo, dado la alta movilidad de dichos iones.

En la figura 4 se observa que las concentraciones de Fósforo (P) total en las aguas freáticas.

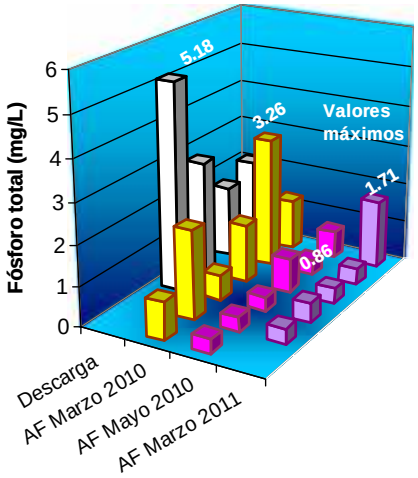


Figura 4. Comportamiento de Fósforo total (mg/L) en el efluente (barras blancas) y en el agua freática (barras de color).

En ningún caso exceden el límite permisible que marca la NOM-001-SEMARNAT (1996), que es de 30 mg/L y 20 mg/L de promedio diario y mensual respectivamente, para descargas en ríos y uso en riego agrícola. Ningún resultado presentó un valor de concentración mayor a 6 mg/L, incluyendo las muestras de agua de descarga. La concentración de P total tiende a ser mayor (68% en promedio) en las aguas crudas de descarga que en aquellas de las aguas freáticas, siendo sus promedios 2.98 y 0.95, respectivamente, por lo cual se infiere que la mayor cantidad de P detectado es la forma orgánica.

Conclusiones

El efecto de los suelos del área de estudio sobre la remoción de contaminantes de las aguas residuales del ingenio Emiliano Zapata es: (i) remueve en más de 5 veces la cantidad de N total y 68% de P total de las aguas de descarga de ingenio; (ii) promueve los procesos de nitrificación al aumentar en un 69% la concentración de nitratos y nitritos en las aguas freáticas (percoladas); (iii) eleva el pH del agua freática en 0.3 unidades (5% en promedio), con respecto al agua de descarga, y (iv) prácticamente indistinto en cuanto a la variación entre la CE del agua de descarga y la CE de las aguas freáticas (2.5%).

Referencias

Allen Richard G., William O. Pruitt, James L. Wright, Terry A. Howell, Francesca Ventura, Richard Snyder, Daniel Itenfisu, Pasquale Steduto, Joaquin Berengena, Javier Baselga Yrisarry, Martin Smith, Luis S. Pereira, Dirk Raes, Alain Perrier, Isabel Alves, Ivan Walter and Ronald Elliott. 2006. A recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference ETo by the FAO 56 Penman-Monteith method. Agricultural Water Management 81 (2006) 1–22.

Álvarez Bernal, D., Contreras Ramos, S. M. y Poggi Varaldo, H. M. 2002. Sistemas de tratamiento de aguas residuales por aplicación al suelo. Avance y Perspectiva, septiembre-octubre, Vol. 21:333-340.

Bitton G. and R.W. Harvey. 1992. Transport of pathogens through soils and aquifers. En: Environmental microbiology (R. Mitchell, Ed.) Wiley-Liss, Nueva York, pp. 103-125.

Metcalf and Eddy Inc. 1991. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse, 3rd edn, revised by G. Tchobanoglous and F.L. Burton, McGraw-Hill Inc, Singapore.

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 1996. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. México.

REMOCIÓN DE PLOMO POR CONSORCIO BACTERIANO AISLADO DE SUELO CONTAMINADO POR ACTIVIDAD MINERA EN EL ESTADO DE NUEVO LEÓN

Hernández-Vidal, E.[1]; Vázquez-Alvarado, R.E.[1]; Aguirre-Arzola, V.E.[1]; Márquez-Reyes, J.M.[1]

[1]Facultad de agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Escobedo, Nuevo León. México

*Autor responsable: evelynvidal.me@gmail.com; Calle Ottawa Núm. 168, Col. Valle del Canadá, Escobedo, Nuevo León. México. CP 66059 Tel. 9221529576

Resumen

La contaminación por plomo en suelos urbanos constituye un problema de salud pública. El Pb es utilizado en procesos industriales como materia prima. Es empleado en minería, en la combustión del petróleo, elaboración de pinturas, entre otros procesos. Dichas actividades favorecen la liberación de este metal al ambiente. Algunas bacterias han desarrollado mecanismos de resistencia, evitado el efecto nocivo del metal al modificar el estado redox, cambiándolos en formas menos tóxicas. De acuerdo con lo anterior, el objetivo de este trabajo fue el aislamiento de consorcios bacterianos con resistencia a plomo y la evaluación *in vitro* de la capacidad para absorber el metal. Se tomaron muestras de suelo procedente de un sitio urbano de la ciudad de Monterrey Nuevo León. Se aislaron distintos consorcios bacterianos con resistencia a plomo. El crecimiento se observó en cajas Petri con medio de cultivo y 0.1 g/ ml de plomo. El consocio bacteriano aislado se expuso a una concentración de 0.03 mg/ml de plomo en medio acuoso, determinando el crecimiento bacteriano y el porcentaje de remoción de plomo. Se observó un incremento en el crecimiento de la biomasa microbiano en las primeras 12 h y el porcentaje de remoción de Pb obtenido fue mayor al 98 por ciento.

Palabras clave

Contaminación; consorcio; bactéria; plomo.

Introducción

La extracción minera ha provocado disturbios al ambiente, generando suelos con limitaciones físicas, químicas y biológicas (Puga-Soraya *et al*., 2006). Los metales pesados son compuestos químicos no degradables ni biológica ni químicamente en la naturaleza, una vez vertidos al ambiente, se distribuyen en el entorno aire-agua-suelo, en ocasiones cambiando su estado de oxidación, o incorporándose a los seres vivos.

Entre los metales pesados, se encuentra el plomo (Pb), caracterizado por su alta toxicidad a bajas concentraciones y su capacidad para acumularse en diferentes organismos (Tur-Naranjo *et al*., 2012). El plomo se encuentra de forma natural en el ambiente, pero es utilizado en los procesos industriales como materia prima; siendo la industria minera la que ha contribuido significativamente a que incrementen sus niveles en el ambiente. (Schwarz *et al.*, 2012). El Pb persiste en el ambiente donde es depositado ya que se acumula en suelos, principalmente de uso urbano, lo cual trae consigo problemas de salud pública y ambiental (Mielke *et al.*, 2011).

Ambientes contaminados con Pb son desfavorables para el crecimiento y sobrevivencia de comunidades de microorganismos (Wong, 2003), debido a que este metal causa daño en el ADN genómico, en lípidos y proteínas, además de reemplazar iones metales esenciales como Zn, Ca y Fe presentes en las proteínas. Pocos microorganismos en la naturaleza, incluyendo las bacterias, desarrollan mecanismos de protección para sobrevivir a altas concentraciones de Pb, y así evitar que cause daño en su crecimiento y metabolismo. Naik *et al.*, Dubey (2013) señalaron que los microorganismos utilizan diferentes mecanismos para resistir a altas concentraciones de Pb, entre los que se encuentran: secuestro extracelular, precipitación, biosorción, bioacumulación intracelular, alteración de la morfología celular e incremento en la producción de sideróforos.

Desarrollar estrategias de remediación para los suelos contaminados con plomo es necesaria para la conservación del medio ambiente y la salud humana (Abou-Shanab et al., 2006). Por tal motivo el objetivo de este estudio fue evaluar la resistencia y capacidad de adsorción de consorcios bacterianos aislados de suelos contaminados.

Materiales y Métodos

El presente trabajo se desarrolló en el laboratorio de Microbiología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Campus Escobedo.

Área de muestreo

Las muestras de suelo se obtuvieron de un sitio urbano en el municipio de Monterrey Nuevo León, Este sitio comprende 55 hectáreas en donde anteriormente estaba establecida una industria minera desde finales del siglo XIX hasta 1993. En el sitio seleccionado, se tomaron tres muestras simples de suelo a una profundidad 15 cm y se homogeneizaron. Las muestras se colocaron dentro de bolsas plásticas para su transporte al lugar de trabajo.

Aislamiento del consorcio bacteriano

El aislamiento del consorcio bacteriano se realizó, tomando 100 g de suelo previamente homogeneizado al cual se le añadió 900 ml de agua destilada, para posteriormente ser centrifugada la mezcla por cinco minutos a 600 rpm. Como medio de cultivo se utilizó agar nutritivo, al cual se le agregó 0.1 g/ml de Pb. El medio fue vertido en cajas Petri en posición inclinada para promover que la mezcla solidificará en una mitad de la placa, para posteriormente añadir al resto de la placa aun vacía agar nutritivo sin plomo. Las cajas Petri fueron incubadas a 30 º C por 96 horas, favoreciendo de esta manera, el crecimiento de cepas bacterianas en el medio de cultivo adicionado con el metal.

Evaluación in vitro de resistencia a plomo

La evaluación in vitro de la resistencia de bacterias al ion metal, se realizó en medio agar soya tripticaseina (STC). Se utilizó una sal de plomo, $Pb(NO_3)_2$ a pH 6.7. La concentración utilizada en este estudio fue de 0.03 mg/ml. En el experimento se utilizaron cuatro replicas, cada una fue inoculada con el consorcio bacteriano. Como control se utilizó medio STC sin metal. Todas las muestras fueron incubadas a 32 °C por 72 horas con agitación constante a una velocidad de 600 rpm. El crecimiento bacteriano fue determinado por espectrofotometría UV-vis a 600 nm. Se tomaron alícuotas cada cuatro horas durante tres días.

Evaluación de capacidad de bioadsorción.
A partir del medio de cultivo STC establecido para la resistencia, se utilizó parte de la alícuota para cuantificar la concentración de plomo total. Las muestras se tomaron en periodos de 12, 24, 48 y 72 horas. Cada alícuota fue filtrada utilizando un filtro con tamaño de poro de 0.45 µm. La cuantificación del plomo se realizó por medió de espectrometría de absorción atómica.

Resultados y Discusión

Aislamiento de consorcio bacteriano con resistencia a plomo.
En las placas que contenían agar nutritivo con plomo se observó presencia de bacterias (Figura 1). Dichos consorcios bacterianos, presentaron crecimiento normal en presencia del metal. Esto debido a que algunas bacterias logran desarrollan mecanismos de resistencia para tolerar los efectos nocivos de los metales tóxicos (Phung, 2005).

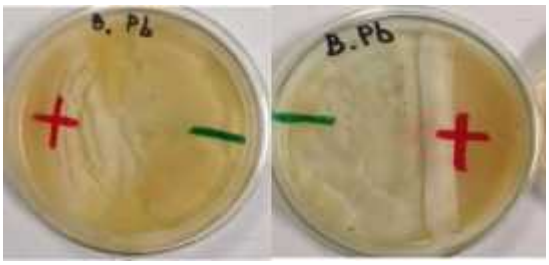


Figura 1. Crecimiento de consorcios bacterianos en presencia de plomo

Evaluación in vitro de resistencia a plomo
En la Figura 2 se observa el crecimiento que tuvo el consorcio bacteriano expuesto a 0.03 mg/ml concentración de plomo. En las primeras 24 horas se observa cómo se inicia la fase de crecimiento microbiano la cual se mantiene hasta las 56 horas. Posteriormente se observa una disminución en el valor de absorbancia cuantificado, esto pudiera ser debido a un proceso de inhibición debido a la toxicidad del metal lo cual generó un incremento de la lisis celular. Sin embargo, se observa que a las 76 h el valor de absorbancia se mantiene hasta el final del experimento.

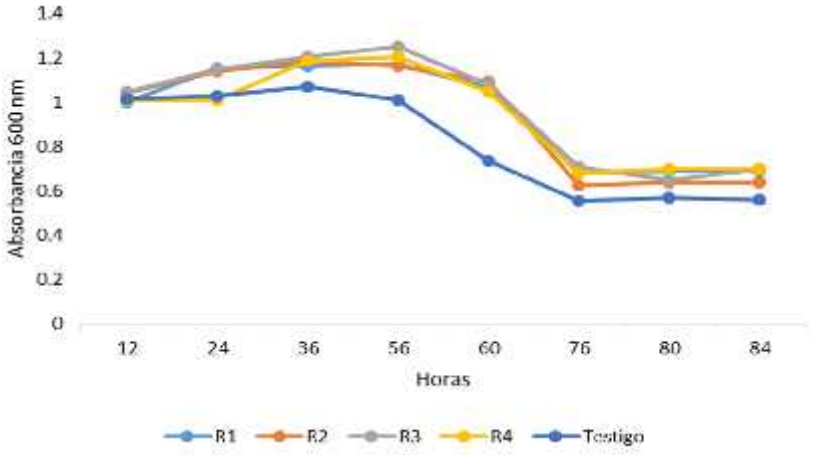


Figura 2. Cinética de crecimiento del consorcio bacteriano en presencia de 0.03 mg/ml de plomo

Las diferencias observadas en el crecimiento de los consorcios con la concentración de Pb con respecto al testigo, posiblemente pueden ser atribuidas a la variación en la densidad poblacional de cada consorcio bacteriano como a la estrategia tanto metabólica como molecular, utilizada por ellos. Sin embargo, la interacción entre el metal y el consorcio bacteriano puede ser un mecanismo que pueda contribuir en la remoción del metal o de convertirlo en forma no tóxica (Kamala- Kannan *et al.,* Krishnamoorthy, 2006).

En la Figura 4 se observa el porcentaje de remoción que se obtuvo de plomo al estar presente el consorcio bacteriano. En las primeras 12 h de exposición, el consorcio logró remover el 80 por ciento del plomo soluble. Para las 48 h, el porcentaje cuantificado fue del 98 por ciento. Estos resultados fueron favorecidos por el incremento del pH (6.7 inicial) a 7.5 debido a que favorecieron la precipitación del plomo soluble. Dicho cambio de pH fue debido a los procesos metabólicos de las bacterias que conforman el consorcio bacteriano. La eficiencia de un proceso de bioadsorción depende de las condiciones físico-químicas de la solución en que se encuentre el metal, con mayor influencia el pH, la temperatura, la concentración inicial del metal, la fuerza iónica, entre otros, es por ello que se debe de considera rangos de pH para permitir la mayor remoción del metal (Gutiérrez *et al.,* 2005). Rodríguez (2008) en estudios realizados sobre el efecto que provocan las condiciones de operación en la remoción de plomo, determinó que a un rango de pH entre 3 y 5 unidades, las bacterias mostraron capacidad de remoción sobre el metal.

El consorcio bacteriano aislado puede ser empleado en futuros experimentos para ver su resistencia a otros metales pesados y distintas concentraciones. La actividad bacteriana observada en el presente trabajo, indica que dicho consorcio bacteriano puede ser evaluado en medios líquidos para ver su eficiencia de remoción de plomo, con la finalidad de emplearlo en un sistema de tratamiento.

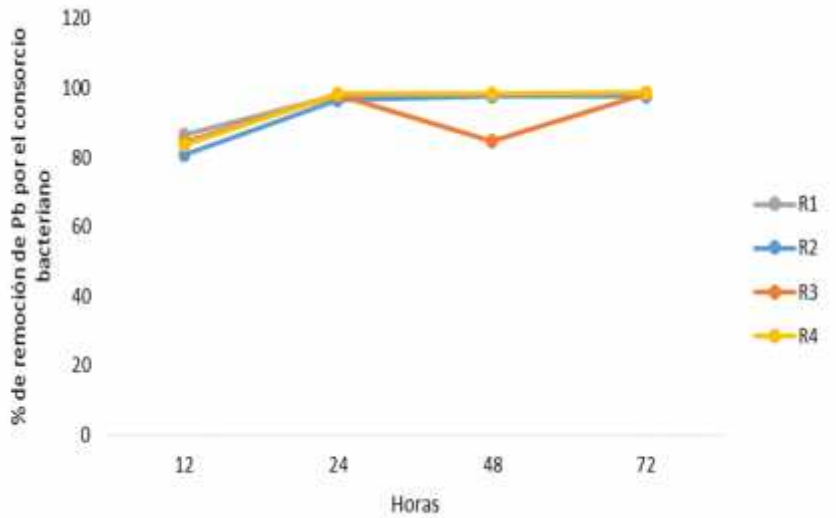


Figura 3. Porcentaje de remoción de Pb en presencia del consorcio bacteriano

Conclusiones

Los microorganismos aislados del suelo contaminado presentaron crecimiento en presencia de plomo. El consorcio bacteriano promovió la remoción del 98 por ciento de plomo soluble. Los microorganismos pueden tener la capacidad de bioadsorber eficientes metales solubles, por ello las técnicas de remoción de metales pesados basadas en los microorganismos ofrecen una alternativa para la eliminación de metales pesados en suelos contaminados. Es de importancia mantener los rangos de pH para que los consorcios bacterianos puedan remover. En otro sentido el consorcio bacteriano asilado puede ser utilizado en futuros experimentos para ser evaluado frente a otros metales pesados y ser utilizado en un sistema de tratamiento**.**

Referencias

Abou-Shanab, R.A.I., J.S. Angle, and R.L. Chaney. 2006. Bacterial inoculants affecting nickel uptake by *Alyssum murale* from low, moderate and high Ni soils, Soil Biol. Biochem. 38:2882-2889.

Gutiérrez, m., l. González, e. Sánchez, d. Mellado. 2005. Biosorción de Pb+2, por biomasa de *Saccharomyces cerevisiae*. Informe de Investigación. Laboratorio de Investigación de Química y Bioquímica Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, México.

Kamala-Kannan, S., and R. Krishnamoorthy. 2006. Isolation of mercury resistant bacteria and influence of abiotic factors on bioavailability of mercury – a case study in Pulicat Lake north of Chennai, south east India. Sci. Total Environ. 367:341-353.

Mielke, H.W., M.A.S. Laidlaw, and C.R. Gonzales. 2011. Estimation of leaded (Pb) gasoline's continuing material and health impacts on 90 US urbanized areas. Environ. Int. 37:248-257.

Naik, M.M., and S.K. Dubey. 2013. Lead resistant bacteria: Lead resistance mechanisms, their applications in lead bioremediation and biomonitoring. Ecotoxicol. Environ. S. 98:1-7.

Puga, S., Sosa, M., Lebgue T., Quintana C., Campos A. 2006. Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera. Ecología Aplicada, 5: 1-2.

Rodríguez, M. E. 2008 Efectos de las Condiciones de Operación Sobre la Biosorción de Pb2+, Cd2+ y Cr3+ en Solución por *Saccharomyces cerevisiae* Residual. Información Tecnológica..19, 6.

Schwarz, K., S.T. Pickett, R.G. Lathrop, K.C. Weathers, R.V. Pouyat, and M.L. Cadenasso. 2012. The effects of the urban built environment on the spatial distribution of lead in residential soils. Environ. Pollut. 163:32-39.

Tur, E., Orberá, T., Romagosa, Y., Pérez, R. 2013 Bioadsorción de plomo (II) por biomasa microbiana seca: Efecto del pH. Revista cubana de química 15: 75-81.

Wong M.H. 2003. Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils.Chemosphere. 6: 775-780.

EVALUACIÓN DEL EFECTO TÓXICO DE Zn Y Pb EN SEMILLAS DE CEMPASÚCHIL

Jiménez-Valdez E. G.[1*]; Martínez-González J. F.[1]; Fiel-Martínez E. M[2]. Márquez-Reyes J.M.[1]

[1] Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Gral. Mariano Escobedo, N.L., México.
[2] Instituto Tecnológico de Sonora. Unidad Obregón, Campus Naínari, Son., México.

*Autor responsable: jmmarquez23@gmail.com Francisco Villa S/N Col. Ex-Hacienda El Canadá, General Escobedo, N. L. CP. 66055; Tel: 81-13404399

Resumen
La contaminación ambiental ha causado distintas alteraciones en todos los ecosistemas. Debido al incremento en la demanda de alimentos de consumo humano y animal, en muchas partes del mundo se utiliza como agua de riego para los cultivos, aguas negras o aguas no tratadas, las cuales poseen distintos contaminantes entre ellos los metales pesados. El impacto ambiental negativo que han generado los metales pesados en el ambiente se ha ido incrementando, debido a su amplia utilización y fácil movilización por las matrices ambientales. En el presente trabajo se evaluaron los efectos tóxicos que se presentan en semillas de Cempasúchil al exponerlas a distintas concentraciones de plomo (Pb) y zinc (Zn). Observándose que el porcentaje de germinación y el índice de germinación disminuyen considerablemente en presencia de los contaminantes y que dicho comportamiento se incrementa al aumentar las concentraciones de los metales. La longitud de las raíces disminuye hasta un 83%, cuando las semillas estaban expuestas a 100 mg/L, para ambos metales. Las semillas de Cempasúchil presentaron mayor porcentaje de fitotoxicidad en presencia de Pb a bajas concentraciones, pero en concentraciones superiores a los 50 mg/L para ambos metales, la toxicidad es del 90%. Las semillas no tienen un desarrollo vegetativo normal en presencia de Pb<Zn, lo cual puede disminuir la producción de Cempasúchil que es regada con aguas contaminadas con dichos metales.

Palabras clave
Semillas, Toxicidad, Metales

Introducción
El deterioro ambiental causado por distintos contaminantes impacta fuertemente los ecosistemas. El problema de la contaminación de aguas de ríos, manantiales y pozos de bombeo, genera graves problemas para la salud humana, en forma directa y a través del suelo y la cadena trófica (Silva *et al*., 2002). Los metales pesados son contaminantes persistentes, entendiéndose que es cualquier elemento químico (metal o metaloide) con alta densidad y toxicidad aún en concentraciones bajas. Los metales pesados por tener gran cantidad de aplicaciones son utilizados en la mayoría de las actividades industriales (agricultura, minería, fundición y refinado, etcétera). Los organismos vegetales requieren metales para llevar a cabo su ciclo vital (metales esenciales), una alta concentración de estos conlleva efectos fitotóxicos. Las plantas que se encuentran en matrices con concentraciones altas de metales pesados acumulan cantidades elevadas de estos en sus tejidos; esto desencadena la activación o inhibición tanto de moléculas como procesos metabólicos/enzimáticos que afectan su fisiología y ciclo vital. El efecto tóxico de los metales depende fundamentalmente de la combinación y concentración presente en el medio; bajas concentraciones de algunos de ellos

pueden estimular el metabolismo de los organismos y altas concentraciones pueden ser tóxicas; así mismo, su combinación puede tener efectos antagónicos o sincrónicos (Wills y Naranjo, 2004).

Los factores que determinan la toxicidad de los metales sobre las semillas son la concentración y la capacidad de absorción tanto en el sustrato como en la semilla misma además de las propiedades fisicoquímicas del metal. La capacidad que tiene las plantas para acumular metales se debe principalmente a las fitoquelatinas, polímeros de aglutinación cuya síntesis se activa por exposición a iones metálicos. Los metales también se pueden acumular en las plantas mediante su unión a compuestos orgánicos en especial a proteínas y demás respuestas enzimáticas (Castillo, 2005).

Debido a que muchos cultivos en México son irrigados con aguas residuales no tratadas o aguas negras, no se descarta que los suelos tengan acumulado distintos metales pesados, los cuales pueden ser biodisponibles para las plantas. Estas pueden llegar a bioacumularlos y a su vez generar un problema de biomagnificación. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto fitotóxico en la germinación de semillas de Cempasúchil (*T. erecta)* expuesta a distintas concentraciones de Pb y Zn.

Materiales y Métodos

Se adquirieron semillas de cempasúchil *(T. erecta*) de horticultores. Previo a los experimentos las semillas fueron sumergidas por un lapso de 2 min en hipoclorito al 5%, transcurrido el tiempo se lavaron con abundante agua destilada y fueron secadas a temperatura ambiente para finalmente ser guardadas en un recipiente plástico para su posterior uso.

La evaluación del porcentaje de germinación para los controles y el resto de los experimentos se realizaron en cajas Petri (N=3) estériles. Fueron colocadas 10 semillas de cempasúchil sobre un papel filtro humedecido con agua destilada o disolución metálica y resguardadas en completa obscuridad a 25± 2°C por 72 h, posteriormente fueron expuestas a un fotoperiodo luz/obscuridad (12h/12h) bajo las mismas condiciones antes mencionadas. La capacidad de germinación de las semillas de cempasúchil expuestas a los metales se determinó colocándolas de la misma forma antes mencionada, e irrigadas con soluciones de Pb y Zn (10, 30, 50, 70, 90 y 100 mg/L). Como sales de trabajo se utilizaron $Pb(NO_3)_2$ y $Zn(NO_3)$.

El tiempo experimental fue de 7 días, cada experimento contó con tres réplicas. Transcurrido el tiempo se tomaron tres plántulas aleatoriamente de todos los tratamientos y se midió la longitud de raíces, además de observarlas al estereoscopio para observar daños debido a la exposición de los metales. Para analizar el daño causado a las semillas de las plantas, se evaluaron distintos factores de germinación, tales como el porcentaje de germinación, la tasa de germinación y el porcentaje de fitotoxicidad (Abdul y Anderson, 1970; Chou y Lin, 1976; Whang *et al.*, 2005; Visioli *et al*., 2014).

Resultados y Discusión

En los tratamientos control se obtuvieron porcentajes de germinación del 90 %. El porcentaje de germinación disminuyó cuando ambos metales estuvieron presentes en concentraciones de 50 mg/L (Fig 1). El Pb a concentraciones de 70 mg/L disminuyó el porcentaje de germinación de las semillas hasta en un 50%, pero en el resto de los tratamientos el porcentaje se mantuvo por arriba del 60%. Mientras que, para el Zn la disminución de la germinación fue de hasta un 36%, pero de valores

promedios similares a los del Pb. Evaluando el índice de germinación se puede observar mayor fitotoxicidad del Pb, en las concentraciones más bajas evaluadas (Fig. 2) en comparación con el Zn. Sin embargo, ambos metales presentan la misma tendencia de disminución del índice de germinación. Los comportamientos observados en el proceso germinativo están relacionados con las necesidades nutrimentales de las plantas. El Pb no es un metal esencial para el desarrollo vegetativo de la planta, por tal razón, su biodisponibilidad hacia ella hace que se incremente la toxicidad del metal. La planta expuesta a dichas condiciones de estrés comienza a buscar rutas para metabolizarlo, y comienza a acumularlo. Y parte del Pb que no puede ser acumulado comienza a causar efectos visibles de toxicidad en las plántulas como la disminución del crecimiento radicular. Mientras que el Zn es un elemento esencial en la nutrición mineral de las plantas. Es un componente de multitud de proteínas, como deshidrogenasas, proteasas, peptidasas, pero es tóxico en exceso (Broadley *et al*., 2007), causando distintos trastornos en el crecimiento de la planta. La distribución del Zn en la planta generalmente comienza en raíz y hojas (Kabata-Pendias, 2010).

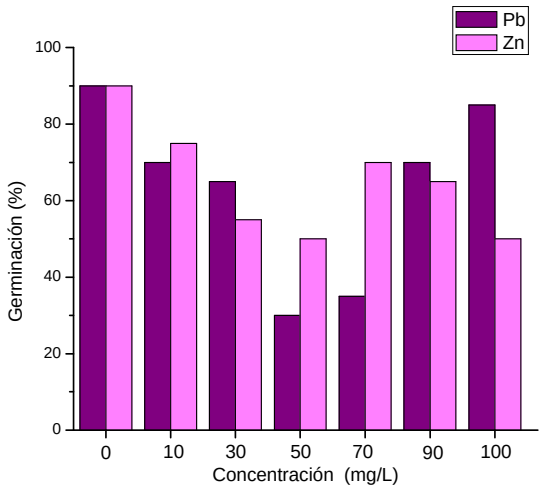


Figura 1. Porcentaje de germinación de semillas de Cempasúchil expuestas a Pb y Zn.

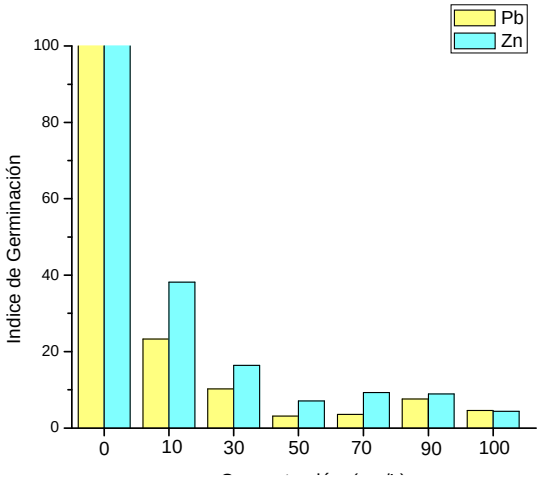


Figura 2. Índice de germinación de semillas de Cempasúchil expuestas a Pb y Zn.

De acuerdo a los datos obtenidos de las longitudes radiculares (Fig. 3), se puede apreciar que a 10 mg/L de Pb decrece en un 50% el tamaño de las raíces. Para concentraciones de Pb iguales o superiores a los 30 mg/L, la longitud ya no varía, manteniéndose en un máximo de 1 cm. En presencia de Zn se observó un comportamiento similar, sin embargo, a 70 mg/L se observó un incremento en el crecimiento radicular. El crecimiento obtenido para ambos metales a 100 mg/L fue de 0.5 cm. El comportamiento es nuevamente el mismo, a bajas concentraciones de Pb se presenta fitotoxicidad en las semillas de Cempasúchil, causado un menor crecimiento de las raíces con respecto a los controles sin metal.

Fotografía 1: Observaciones de las raíces de Cempasúchil (a) raíz control; (b) raíz en presencia de Pb, 10mg/L; (c) raíz en presencia de Zn, 10 mg/L; (d) raíz en presencia de Pb, 100 mg/L; (e) raíz en presencia de Zn, 100 mg/L.

En observaciones realizadas en el estereoscopio se observan distintos daños en las raíces de las plántulas. Como se aprecia en la fotografía 1, la raíz presenta un incremento de necrosis conforme aumenta la concentración del metal en solución, disminución de raíces secundarias o ausencia completa de éstas, algunas plántulas no desarrollaron el cotiledón o lo desarrollaron parcialmente, se observó presencia de clorosis foliar.

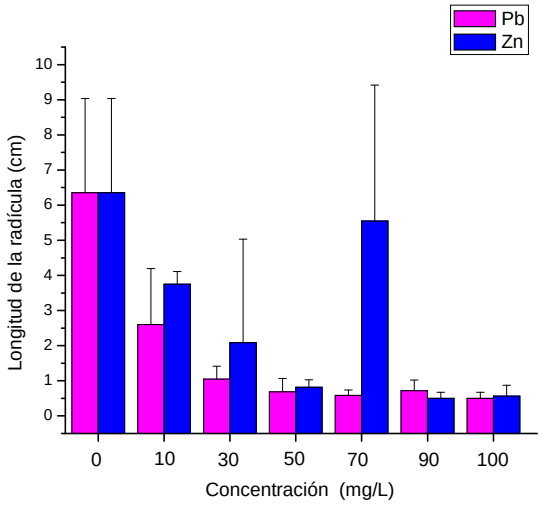


Figura 3. Longitud de la radícula de plántulas de Cempasúchil expuestas a Pb y

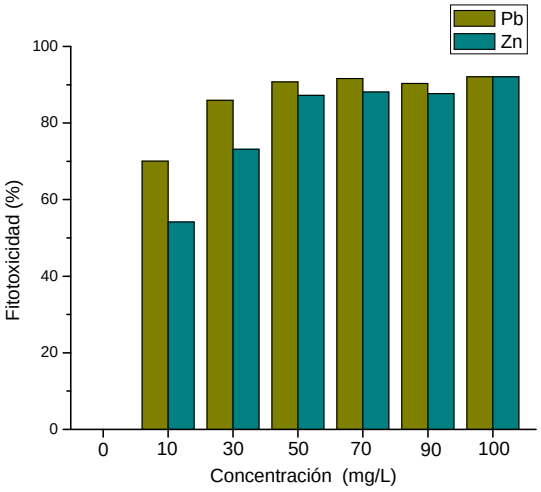


Figura 4. Porcentaje de fitotoxicidad de plántulas de Cempasúchil expuestas a Pb y

El porcentaje de fitotoxicidad que presentaron las semillas de cempasúchil se observa en la Figura 4. Cuando las semillas estuvieron expuestas a estrés por presencia de Pb a concentraciones de 10 mg/L se cuantificó un 70% de toxicidad, aumentó hasta 90% cuando se emplearon 50mg/L o más del metal. Nuevamente el Zn presentó un comportamiento similar de aumentar su toxicidad hasta alcanzar un 87% de toxicidad. La fitotoxicidad cuantificada fue la misma (91%) cuando ambos metales se encontraban en concentraciones de 100 mg/L.

Estos resultados nos indican el grado de toxicidad del plomo y el zinc, demostrando que las semillas de cempasúchil presentan deterioro en su desarrollo cuando están expuestas a concentraciones de 10 mg/L. Así como esta especie vegetal es sensible a dichos contaminantes, otras más pueden responder de igual forma, mermando la producción de productos alimentarios de consumo humano y animal. Además, existe la posibilidad de que dichos compuestos puedan ser absorbidos por las plantas causando posteriormente problemas de biomagnificación, los cuales se verían reflejados en problemas de salud.

Conclusiones

La toxicidad de los metales pesados causa problemas graves en el desarrollo vegetativo de las plantas de cempasúchil, llegando a inhibir su crecimiento hasta en un 90 por ciento a altas concentraciones de estos. El Pb es un metal no esencial para las plantas las cuales no tiene manera de metabolizarlo para incorporarlo a su metabolismo, sin embargo, pueden llegar a acumularlo, pero genera graves problemas en el crecimiento de la planta, observándose una disminución de la longitud radicular, mal formación del cotiledón y disminución del proceso germinativo. El zinc puede ser metabolizado a bajas concentraciones, pero incrementando éstas, la planta comienza a presentar sintomatología similar a la observada con el plomo.

Referencias

Alloway, B. 2012. *Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability*. Inglaterra: Springer Science & Business Media

Broadley, M. R., P. J., White, J. P Hammond, I. Zelko, and A. Lux. 2007. Zinc in plants. *New phytologist*, *173*, 677-702.

Castillo, F. 2005. *Biotecnología ambiental*. España: Editorial Tebar.

Chou, C.H., H.J. Lin. 1976. Auto intoxification mechanisums of *Oryza sativa* I. Phtotoxic effects of decomposing rice residues in soil. J. Chem. Ecol. 2: 353-367

Kabata-Pendias, A. 2010. Trace Elements in Soils and Plants. 4ed. CRC Press. Boca Raton. London, UK.

Prasad, M., and J. Hagemeyer. 2013. *Heavy Metal Stress in Plants: From Molecules to Ecosystems*. Berlín, Alemania: Springer Science & Business Media.

Silva Gómez, E., A. Muñoz Orozco, Ma. De la Isla de Bauer and S. Infalte Gil. 2002. Contaminación ambiental en la región de Atlixco. Agua Tierra Latinoamericana, 20:003, 243-25.

Wang, X. F. and Q. X. Zhou. 2005. Ecotoxicological effects of cadmium on three ornamental plants. Chemosphere 60: 16–21.

Wills B. and F. Naranjo. 2004. Toxic effect evaluation of the lead acetate and chromium chloride on anaerobic bacterial metabolism. Revista Facultad de Ingeniería. 32: 17-25.

ACTIVIDAD FOSFATASA EN *Pseudomonas fluorescens* AISLADAS DE SUELO RIZOSFÉRICO DE MAÍZ

López-Reyes, L.[1*]; Avantes-Salazar, G. A.[1]; Carcaño-Montiel, M, G.[1] y Gómez-Velázquez L.[1]

[1]Microbiología de Suelos. Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México

*Autor responsable: lucia.lopez@correo.buap.mx; Edificio IC-11, Ciudad Universitaria, Colonia San Manuel, Puebla, Puebla, México. CP 72570; Tel. +52(222)-2 295500 (Ext 2553)

Resumen
Entre las bacterias más estudiadas de la rizósfera de maíz, se encuentra el género *Pseudomonas* el cual ha sido reportado como un organismo coadyuvante en la solubilización de fosfatos en el suelo asociado a maíz y otros cultivos. En este trabajo se ensayó 30 bacterias caracterizadas como *Pseudomonas fluorescens* aisladas de la rizósfera de diferentes variedades de maíz, así como dos cepas de colección *Acinetobacter calcoaceticus* y *Chromobacterium violaceum* caracterizadas como solubilizadoras de fosfatos como controles positivos. A todas las bacterias se les determinó la actividad solubilizadora de fosfatos mono y tricálcico, así como la actividad de la enzima fosfatasa. Las bacterias que mostraron actividad enzimática positiva, se les determinó su cinética enzimática a diferente pH y temperaturas y se ensayó la efectividad de cada cepa en plantas de maíz. Se encontró que el 23% de las *Pseudomonas fluorescens* aisladas de la rizósfera de maíz posee la capacidad de solubilizar fosfatos tricálcio en medio de cultivo y el 20% muestran actividad enzimática (fosfohidrolasa, fosfatasa ácida o fosfatasa alcalina), de estas últimas la mayoría presentan la capacidad de producir isoenzimas determinadas por electroforesis y una efectividad probada en plantas.

Palabras clave
Fosfatasa ácida; fosfatasa alcalina; solubilización de fosfatos.

Introducción
El maíz es el alimento básico de nuestros pueblos y uno de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos y a los animales y es una materia prima básica de la industria de transformación (Fernández *et al.*, 2013). Con la introducción de variedades mejoradas e híbridos de alta producción, los rendimientos del cultivo se han incrementado. Sin embargo, la necesidad de incrementar los rendimientos exige a su vez, un aumento de las dosis de fertilización (FAO, 1989). Lo cual se ha favorecido con la aplicación de bacterias con actividad solubilizadora de fosfatos y promotoras del crecimiento vegetal. La importancia de las bacterias del género *Pseudomonas* en el suelo ha quedado evidenciada en muchas investigaciones, siendo *P. aeruginosa* y *P. fluorescens* las especies más estudiadas. Se ha observado que el género *Pseudomonas* posee la capacidad de producir sideróforos, además de participar como antagonista del crecimiento de organismos patógenos a través de la producción de diversos metabolitos, y como coadyuvantes en la absorción de fosfatos en diversos cultivos (Bustos *et al.*, 2009). Las bacterias pueden solubilizar fosfatos por exudar ciertos ácidos orgánicos y/o enzimas lo que promueve incrementos en las concentraciones de fósforo en las inmediaciones de las raíces (Faggioli *et al*., 2003). Por lo que el objetivo del trabajo es determinar la capacidad de solubilización de fosfatos de bacterias del género *Psuedomonas* y la estimulación del crecimiento de las plantas mediante la participación de enzimas fosfatasas de bacterias de la rizósfera de maíz.

Materiales y Métodos

Las 30 muestras bacterianas de *Pseudomonas fluorescens* proceden de la rizósfera de maíz (*Zea mayz* L.) de diferente variedad fueron ensayadas más dos cepas testigo positivas para la solubilización de fosfatos *Acinetobacter calcoaceticus* y *Chromobacterium violaceum*. A cada cepa se le determinó la actividad solubilizadora de fosfatos en placas de agar Goldstein adicionado de glucosa, fosfato de calcio y sales minerales (Goldstein, 1986). Se sembraron las cepas a una concentración de 10^8 UFC mL^{-1}, con ayuda de un replicador de Steers. Se incubaron por 72 h y se consideró como positivas a las cepas que formaron un halo transparente alrededor de las colonias. El ensayo se realizó además con la presencia de PIPES (ácido 1,4-piperazin-dietane-sulfonico, SIGMA-P6757) y TRIS (Tris (hidroximethil)-aminometano, SIGMA-T1503) para neutralizar el efecto ácido en la solubilización de fosfatos por la presencia de ácidos carboxílicos (Cuadro 1). Posteriormente se realizó la detección de la enzima fosfatasa de las 30 cepas de *Pseudomonas fluorescens* aisladas de la rizósfera de maíz con la capacidad de solubilizar fosfatos. Se realizaron las detecciones enzimáticas mediante el sistema API ZYM de Biomeriuex^R y se evaluó la actividad para 19 enzimas dónde se incluye a la fosfohidrolasa, la fosfatasa ácida y la fosfatasa alcalina.

Se cuantificó la producción de fosfatasa en cultivos bacterianos de 24 h en caldo de soya y tripticasa (CST), se agregó p-nitrofenilfosfato al 0.08% (p/v) y se incubó 1 h a 35 °C. Se frenó la reacción con NaOH y se centrifugó las muestras a 8000 rpm durante 5 min. Se leyó espectrofotométricamente el sobrenadante a 405 nm. Los resultados se expresaron en mmol L^{-1} con base en la curva de calibración (Otalora, 2003). Además, se determinó la actividad fosfatasa para cada bacteria a 25°C, 30°C, 32°C, 36°C y 40°C, así como los pH 6.0, 6.5, 7.0, 7.5 y 8.0. Se realizó cada determinación por triplicado.

Se evaluó la producción de isoenzimas fosfatasas a partir de cultivos de 24 h a 37°C en CST. Los caldos de cultivo se sometieron a centrifugación a 5000 rpm durante 20 min. Se separó el sobrenadante del paquete celular. Las células bacterianas se lisaron con 300 mg mL^{-1} lisozima y sulfato de magnesio 0.05 mM L^{-1}, con ciclos a -20°C y 30°C por 30 min por 5 veces (Selander *et al*., 1986). Se realizó la electroforesis de los lisados bacterianos en geles de almidón al 12%. Las muestras de los extractos bacterianos se colocaron en los diferentes carriles y se sometió a 130 volts durante 5 horas. Se reveló a 37°C con los sustratos y se enjuagó con ácido acético, metanol y agua en relación 1:5:5 hasta la aparición de bandas.

Las cepas con mayor eficiencia en la solubilización de fosfatos, se hicieron crecer en 10 mL de CST caldo durante 24 h. Se ajustó la población a 10^8 UFC mL^{-1} y se tomaron 5 mL para inocular 15 g de semillas de maíz y se contrastaron con un control de semillas sin inocular y otro con fertilización química fosfatada. Se sembraron dos semillas por maceta y por triplicado.

Resultados y Discusión

La solubilización de fosfato monocálcico por *Pseudomonas fluorescens* asociadas a la rizósfera de maíz, incluidas en esta investigación se encuentra alrededor del 80% y al evaluar su capacidad de solubilizar fosfato tricálcico en medio de cultivo Goldstein, se redujo a sólo el 23% y el 20% muestran actividad enzimática (fosfohidrolasa, fosfatasa ácida o fosfatasa alcalina) aunque la solubilización de fosfatos se incrementó al incorporar un buffer de pH. Se detectó que algunas cepas muestran actividad enzimática fosfatasa sin poseer acción en la solubilización de fosfatos y otras que no poseen actividad fosfatasa sí logran solubilizar los fosfatos. Además, se logró detectar hasta 2-3 isoenzimas fosfatasas.

En el Cuadro 1 se reportan las 8 cepas positivas para la solubilización de fosfatos de calcio en agar Goldstein de 32 cepas ensayadas. Cuando se adicionó el amortiguador de pH PIPES al medio de cultivo Goldstein se incrementó a 15 el número de cepas eficientes en la solubilización de fosfatos a pesar de que algunas como la CR52, P45, T36 y la cepa de referencia *Chromobacterium violaceum* perdieron su actividad. Con la adición del regulador de fosfatos TRIS al medio de cultivo Goldstein, solo 3 cepas de *Pseudomonas* presentaron actividad junto a las cepas de referencia *Chromobacterium violaceum* y *Acinetobacter calcoaceticus*. La detección de actividad fosfatasa por medio de API ZYM se detectó en seis cepas de *Pseudomonas fluorescens* junto a las dos cepas de referencia. En el caso de la detección de fosfatasas por medio de electroforesis se encontró que nueve cepas con actividad presentan una, dos y hasta tres bandas, por lo que se demuestra la presencia de isoenzimas fosfatasas. Las cepas de referencia mostraron la presencia de dos isoenzimas cada una de ellas. En la Figura 1, se observa la diferencia en la producción de actividad fosfatasa a diferente pH dónde la P16 es la que mostró más de 15 mg de p-nitrofenol de actividad enzimática sin que se muestre diferencias estadísticas entre pH. La misma cepa resultó ser más eficiente (>12 mg de p-nitrofenol) en actividad enzimática a las temperaturas ensayadas. Sin embargo, existen cepas como la M55 que mostró mayor actividad a pH 6.5.

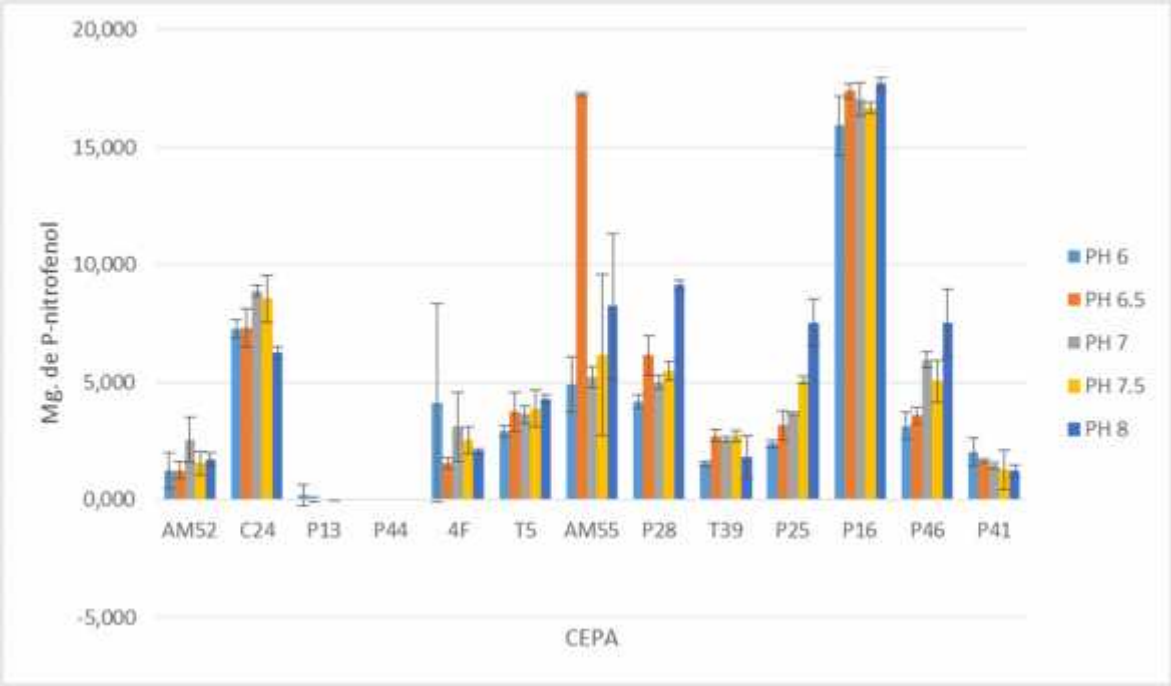
Cuadro 1. Solubilización de fosfatos de *Pseudomonas fluorescens.* en medio agar Goldstein con y sin amortiguador de fosfatos y detección de enzimas fosfatasas por API ZYM y electroforesis

Cepa	Goldstein	Goldstein con PIPES	Goldstein con TRIS	API ZYM	ISO ENZIMAS
AM52	+	+	+	+	**1**
AM55	+	+	+	+	**3**
C24	-	+	-	+	**1**
CR52	+	-	-	-	**ND**
P13	+	+	+	-	**2**
P25	-	+	-	+	**2**
P32	-	+	-	-	**ND**
P35	-	+	-	-	**ND**
P4	-	+	-	-	**ND**
P41	-	+	-	+	**2**
P42	+	+	-	-	**ND**
P44	-	+	-	-	**2**
P45	+	-	-	-	**ND**
P6	-	+	-	-	**ND**
P7	-	+	-	-	**ND**
T14	-	+	-	-	**ND**
T36	+	-	-	-	**ND**
T39	-	-	-	-	**1**
T5	-	-	-	+	**2**
Chromobacteium violaceum	+	-	+	+	**2**
Acinetobacter calcoaceticus	+	+	+	+	**2**

(-). Ausencia de actividad solubilizadora de fosfatos, (+) Actividad solubilizadora de fosfatos. ND, No determinado

La evaluación de siete bacterias de *Pseudomonas fluorescens* inoculadas en plantas de maíz demostró que la presencia de enzimas fosfatasas influyó en la disponibilidad de fósforo en plantas por efecto de las bacterias (datos no presentados), lo que se relaciona con la capacidad de las bacterias asociadas a plantas con efecto estimulador del crecimiento vegetal (Beltan, 2014). Se conoce que los mecanismos de solubilización de fosfatos y el suministro a las plantas de maíz se deben a actividad enzimática bacteriana y a la producción de ácidos orgánicos (Restrepo-Franco *et al.*, 2015) lo cual ha sido reforzado con esta investigación. La selección de bacterias con ambos mecanismos de solubilización de fosfatos es una estrategia útil para la aplicación en campo en el cultivo de maíz (Hussain *et al.*, 2013).

Figura 1. Actividad de la enzima fosfatasa a diferente pH.



Conclusiones

Las bacterias de la rizósfera de maíz poseen enzimas fosfatasas como un mecanismo de liberación de los fosfatos inorgánicos y orgánicos en el suelo de la rizósfera en plantas de maíz que junto a la producción de ácidos orgánicos potencializan el efecto solubilizador.

Agradecimientos

Se agradece al proyecto grupal con financiamiento VIEP-BUAP2016-154 "Validación del efecto de bacterias de la rizósfera de maíz en la inhibición de hongos fitopatógenos" así como al proyecto Institucional BIOFOSFOBUAP por el apoyo otorgado a la presente investigación.

Referencias

Beltrán, P.M.E. 2014. La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal. Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 15: 101-113.

Bustos, D. C. G., A.M.H. Marín, & L.C.C. Ramírez. 2009. *Pseudomonas oryzihabitans*: un microorganismo de creciente interés científico. NOVA. 7: 103-112.

Faggioli, V., C. Cazorla, A. Vigna and M. Berti. 2003. Fertilizantes biológicos en maíz Ensayo de inoculación con cepas de *Azospirillum brasilense* y *Pseudomonas fluorescens*. *Córdoba, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. 1-4

FAO. 1989. Utilización de alimentos tropicales. Estudios FAO: Alimentación y Nutrición. Roma, FAO. 47/1

Goldstein, A.H. 1986. Bacterial solubilization of mineral phosphates: historical perspective and future prospects. American Journal of Alternative Agriculture. *1:* 51-57.

Hussain, M., N.H Asghar, M.J. Akhtar, M. Arshad. 2013. Impact of phosphate solubilizing bacteria on growth and yield of maize. Soil & Environment. 32: 71-78.

Otalora, J., M. Patiño, M. Martínez, & A. Pedroza, 2003. Estandarización de prueba para la detección de fosfatasa producida por bacterias solubilizadoras de fosfatos. Trabajo de grado. Programa de Microbiología Industrial, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. 32-81

Restrepo-Franco, G. M., S. Marulanda-Moreno, Y. de la Fe-Pérez, A. Díaz-de la Osa, V. Lucia-Baldani, & A. Hernández-Rodríguez. 2015. Bacterias solubilizadoras de fosfato y sus potencialidades de uso en la promoción del crecimiento de cultivos de importancia económica. Revista CENIC Ciencias Biológicas. 46: 63-76.

Selander, R. K., D.A. Caugant, H. Ochman, J. M. Musser, M.N. Gilmour, & T.S. Whittam. 1986. Methods of multilocus enzyme electrophoresis for bacterial population genetics and systematics. Applied and environmental microbiology. 51: 873-884.

LOS HONGOS MICORRÍCICOS ARBUSCULARES COMO UN INDICADOR BIOLÓGICO PARA EVALUAR EL ESTADO DEL CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO

Manrique-Caamal, S.[1*]; Estrada-Medina, H. [1]; Jiménez Osornio, J. J. M.[1]; Allen, M.[2]; Allen, E.[2]; Montañez Escalante, P.[1]; López Díaz, M. [1]; Barrientos Medina, R[3].

[1]Departamento de Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán. México.
[2]Universidad de California; Riverside, Departamento de Biología.
[3]Departamento de Ecología, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán. México.

*Autor responsable: Sergio.manriqu3@hotmail.com; Calle 27x 12 y 10 Núm. S/N, Col. Benito Juárez, Mérida, Yucatán. México. CP 97990; Tel. +52 (997)9797697.

Resumen
Se estudió la relación entre el contenido de carbono orgánico del suelo (COS) y la presencia de esporas y porcentaje de colonización de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) de los géneros *Gigaspora* y *Glomus*, para determinar si alguna de estas variables pudiera utilizarse como un indicador biológico para monitorear el estado del COS. El COS se encuentra relacionado con la sustentabilidad y productividad de los sistemas de producción, y las prácticas de manejo que se implementen pueden incrementar o disminuir su contenido en el suelo. El estudio se realizó en el municipio de Tzucacab, Yucatán y se compararon dos usos del suelo (vegetación natural de Selva Baja Caducifolia (SBC) y Sistemas Agroforestales (SAF)), de dos edades (15 y 30 años), durante dos épocas (secas y lluvias). Para probar el efecto de las variables sobre el COS se empleó un análisis de varianza de tres factores, mientras que para analizar la relación del COS con los conteos de esporas de ambos géneros de hongos y el porcentaje de colonización micorrízica, se emplearon modelos lineales generales. Se encontró un mayor contenido de COS en la SBC, siendo los sistemas con mayor edad de barbecho o de manejo los que presentaron mayor cantidad de COS. El modelo lineal entre el COS y la presencia de esporas del género *Glomus* obtuvo una R^2= 0.9983, por lo que se sugiere que el número de esporas de los hongos micorrízicos del género *Glomus* es un buen indicador biológico para evaluar el estado del COS.

Palabras clave
Glomus; Gigaspora; colonización micorrízica; esporas; sistemas agroforestales; selva baja caducifolia; correlación

Introducción
En los últimos años se han incrementado las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), siendo el CO_2 el que presenta la mayor concentración en la atmósfera, con un incremento del 2.2% anual en el periodo del 2000-2010 (IPCC, 2014). Para el año 2005, las principales fuentes de CO_2 fueron la quema de combustibles fósiles (7 Gt de CO_2) y la deforestación en zonas tropicales (0.6-2.5 de Gt) (Lal et al., 2007). La vegetación terrestre es uno de los principales reservorios de carbono, sin embargo en algunos casos, los suelos pueden almacenar aún más carbono (FAO, 2015), por lo que su papel en el secuestro de carbono es muy importante. En condiciones naturales, el carbono se encuentra

en un equilibrio dinámico, pero cuando los sistemas naturales son transformados para agricultura se rompe éste equilibrio. En regiones tropicales se pierde más del 75% del COS, principalmente en forma de CO_2 (Lal, 2004; Corsi *et al*., 2012). La pérdida del COS del suelo contribuye en la degradación de la estructura del suelo, disminuye su fertilidad, incrementa la vulnerabilidad del suelo a la erosión, y disminuye la presencia de microorganismos en el suelo (Murray *et al*., 2010). Es importante monitorear la dinámica del COS ya que el uso del suelo y las prácticas de manejo incrementan o disminuyen su contenido en el suelo; y esto a su vez está relacionada con la sustentabilidad y productividad de los sistemas de producción (Martínez *et al*., 2008). Los métodos tradicionales para la determinación del COS son generalmente tardados y caros (Slepetiene *et al*., 2008), por consiguiente, es importante encontrar indicadores que nos puedan dar una idea del estado actual del COS de una manera rápida y sencilla. Muchos de los microorganismos del suelo están ligados al ciclo del carbono, siendo los mayores determinantes de la capacidad de almacenaje del COS (Aislabie y Deslippe, 2013). Se ha observado que los hongos micorrízicos arbusculares responden a cambios en el COS, específicamente se ha encontrado, en climas tropicales estacionales, que el género *Gigaspora* está presente de manera más abundante en suelos de vegetación madura y el género *Glomus* es más abundantes en suelos perturbados o de etapas sucesionales tempranas (Allen, *et al*., 2003). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue estudiar la posible relación entre el contenido de COS con la presencia de esporas y colonización micorrízica de *Gigaspora* y *Glomus* para determinar si alguna de éstas variables pudiera utilizarse como un método biológico para monitorear el estado del COS.

Materiales y Métodos

El trabajo se llevó a cabo en el municipio de Tzucacab, Yucatán, México; localizado en la zona sur del estado (19º 38' y 20º 09'de latitud norte y 88º 59' y 89º 14' de longitud oeste) (INEGI, 2010). Para el estudio se consideraron dos usos del suelo: sistemas agroforestales (SAF) y áreas de selva baja caducifolia (SBC), de dos edades (15 y 30 años). Se muestrearon 3 sitios por cada uso del suelo en dos épocas del año (lluvias y secas) y se tomaron al azar 9 muestras de suelo para un total de 216 muestras. Las muestras de suelo se colectaron a una profundidad de 0-30 centímetros y se llevaron al laboratorio donde se dejaron secar al aire para posteriormente realizar la extracción, aislamiento y conteo de las esporas por el método de sacarosa y centrifugación (Iason y Allen, 1986) y el análisis de COS por el método de digestión húmeda y colorimetría (Walkley-Black, 1934). Para la determinación del porcentaje de colonización micorrízica (hifas y vesícula) se empleó el método descrito por Newman, 1996 y Marsh 1997. Todos los análisis se realizaron en el laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Agua (LASPA) del Campus Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CCBA) de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). Para probar el efecto del tipo de sistema, la edad y la época del año sobre el COS, el conteo de esporas (para ambos géneros de hongos) y el porcentaje de colonización micorrízica, se empleó un análisis de varianza de tres factores en cada caso, previa comprobación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas (con las pruebas de Shapiro-Wilk y Breusch-Pagan, respectivamente). Para analizar la relación del COS con los conteos de esporas de ambos géneros de hongos y porcentaje de colonización micorrízica, se emplearon modelos lineales generales previa comprobación de los supuestos de linealidad, normalidad, homogeneidad de varianzas y autocorrelación (esta última con la prueba de Durbin-Watson). Todos los análisis se realizaron con el programa R-Commander, implementado en el ambiente R (versión 3.2.2).

Resultados y Discusión

La SBC presentó mayor contenido de COS que los SAF. A mayor edad de barbecho para la SBC y a mayor edad de manejo para el caso de los SAF el contenido de COS fue mayor. La comparación del COS en los SAF entre épocas no mostró diferencias significativas, sin embargo en el caso de la SBC se encontraron diferencias entre la SBC de 30 años en época de secas y la SBC de 15 años en época de lluvias y, la SBC de 30 años en época de secas y la SBC de 30 años en época de lluvias. La SBC presentó mayor número de esporas del género *Glomus*. No hubo diferencias estadísticas del número de esporas del género *Glomus* entre edades para ninguno de los dos usos del suelo. En los SAF no hubo diferencias significativas del número de esporas del género *Glomus* entre épocas, en la SBC hubo diferencias entre la SBC de 15 años época de secas y la SBC de 30 años en época de lluvias. Para el caso del número de esporas del género *Gigaspora* no hubo diferencias significativas entre sistemas, y dentro de los sistemas no hubo diferencias entre épocas ni edades. El sistema que presentó un mayor porcentaje de colonización micorrízica fue la SBC pero sin diferencias significativas entre épocas ni edades; para el caso de los SAF solo se presentaron diferencias entre el SAF de 30 años en época de secas y el SAF de 15 años en época de lluvias. El modelo lineal entre el COS y la presencia de esporas del género *Glomus* obtuvo una R^2= 0.9983, valores similares se encontraron en ambas épocas del año. No se encontró relación entre el COS y el número de esporas de *Gigaspora* y la colonización micorrízica. En conclusión, existe una mayor relación del COS con la presencia de esporas del género *Glomus*, ésta relación se mantiene entre sistemas y entre épocas, por lo que ésta variable pudiera servir como un indicador biológico del COS.

Conclusiones

El contenido del carbono orgánico del suelo está relacionado más con el manejo y la edad del sitio que con la época del año. La colonización micorrízica fue mayor en la época de secas y tuvo una relación más débil con el contenido de carbono orgánico del suelo que el número de esporas, en ambos sistemas y edades.

El número de esporas del género *Glomus* tiene mayor presencia y mejor relación con el COS que las esporas del género *Gigaspora*, en ambos sistemas, edades y épocas del año; por lo tanto, el número de esporas de los hongos micorrízicos del Género *Glomus* puede ser considerado como un indicador biológico para evaluar el estado del COS.

Agradecimientos

A UC MEXUS y CONACYT por la beca y el financiamiento para realizar este trabajo por medio del proyecto "Effect of land use, soil type and agricultural practices on preserving organic soil carbon stocks" (Clave SISTPROY: FMVZ-2014-0013).

A la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) a través del Programa Integral de Fortalecimiento Institucional (PIFI) y al departamento de Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales por el apoyo económico para asistir al XLI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo.

Referencias

Aislabie, J., Deslippe, J. R., & Dymond, J. (2013). Soil microbes and their contribution to soil services. Ecosystem services in New Zealand: conditions and trends, 143161.

Allen, E.B., Allen, M.F., Egerton-Warburton, l., Corkidi, l. y Gómez-Pompa, A. (2003). Impacts of early- and late- seral mycorrhizae during restoration in seasonal tropical forest, México. Ecological Applications. 13:1701-1717.

Corsi, S., Friedrich, T., Kassam, A., Pisante, M. & Sà, J.M. 2012. Soil organic carbon accumulation and carbon budget in

conservation agriculture: a review of evidence. Vol. 16. FAO Integrated Crop Management.

FAO y ITPS. 2015. Status of the World's Soil Resources (SWSR)-Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy

Ianson, D. C. y Allen, M. F. (1986). The effects of soil texture on extraction of vesicular- arbuscular mycorrhizal fungal spores from arid site. Mycologia. 78: 164-168.

IPCC. 2014. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Science 304: 1623- 1627.

Lal, R., R.F. Follett, B.A. Stewart & J.M. Kimble. 2007. Soil carbon sequestration to mitigate climate change and advance food security. Soil Science 172(12):943-956.

Marsh, B. A'B. 1997. Measurement of length in random arrangements of lines. Journal of Applied Ecology. 8: 265-267.

Martínez H., E., J. P. Fuentes E. y E. Acevedo H. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. R. C. Suelo Nutr. Veg. 8: 68-96.

Murray, R.M., Orozco, M.G., Hernández, A., Lemus, C. y Nájera, O. 2014. El sistema agroforestal modifica el contenido de materia orgánica y las propiedades físicas del suelo. Revista de investigación y difusión científica agropecuaria. 18:23-31.

Newman, E.I. 1966. A method of estimating the total length of a root in a sample. Journal of Applied Ecology. 3:139-145.

Slepetiene, A., Slepetys, J., & Liaudanskiene, I. 2008. Standard and modified methods for soil organic carbon determination in agricultural soils. Agron Res, 6(2), 543-554.

Walkley, A. and Black, I. A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science. 37:29–38.

EVALUACION DE ENZIMAS DE SUSTRATOS POST-COSECHA DE *P. ostreatus* PARA LA BIODEGRADACION DE DIESEL A NIVEL MICROCOSMO

Mauricio-Gutiérrez, A.[1*]; Tapia-Hernández, A.[2]; Pérez-Armendáriz, B[3]; Jiménez-Salgado, T.[4]

[1]CONACYT-Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Pue. México.
[2]Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Pue. México.
[3]Universidad Popular Autónoma del Estado Puebla. Puebla, Pue. México.
[4]Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Pue. México.
*Autor responsable: amg2510@hotmail.com; Edificio IC11, Prolongación de la 24 sur y Av. San Claudio, CU, Col. San Manuel, Puebla, Pue. México. CP 72570; Tel. +52(222)-229-95500

Resumen
En Acatzingo, Puebla, México (centro-oriente), los derrames de hidrocarburos han afectado principalmente campos agrícolas. *P. ostreatus* es un basidiomiceto de la pudrición blanca y produce enzimas extracelulares (Lac, MnP, VP y VAO). La producción de hongos comestibles genera sustratos post-cosecha (SPC) que pueden tener alguna aplicación biotecnológica. El objetivo de este estudio fue evaluar los SPC de *P. ostreatus* a nivel microcosmo para la biorremediación de un suelo agrícola contaminado con diésel. Primero evaluamos diferentes relaciones de SPC (T1: 19:1; T2: 9:1; T3: 5.6:1; y T4: 4:1) en un suelo estéril con 7039 ppm de diésel. Posteriormente, se evaluó la participación de las poblaciones microbianas y actividades enzimáticas (Lac, MnP, VP y VAO) del SPC para la biodegradación de 11030 ppm de diésel en 4 tratamientos: E1, E2, E3 y E4. Todos los experimentos fueron incubados por triplicado a 25 °C y 37°C por 28 d. El T4 (4:1) obtuvo el mayor porcentaje de biodegradación (61.2%) significativo (p = 0.000) a 37 ºC. Por lo que en el segundo experimento, el SPC participó en la bioestimulación (91% MO, 0.56% N_t y 0.3% P) y bioaumentación de los microorganismos a nivel microcosmo, debido a que aumentaron significativamente (p = 0.000) las poblaciones bacterianas tolerantes en todos los tratamientos. La actividad de Lac (8.62 U g^{-1}) se estimuló a 25 ºC y fue la única relacionada a la biodegradación; sin embargo la mayor tasa de biodegradación (72%) fue a 37 ºC siendo promisorio para investigaciones futuras.

Palabras clave
Lacasas, Veratril alcohol oxidasas, Biorremediación

Introducción
México es un importante productor mundial del petróleo, por tanto, esta actividad ha repercutido en el medio ambiente. En Acatzingo, Puebla (centro-oriente de México) se han afectado los suelos agrícolas a causa de los derrames de hidrocarburos (Rivera-Pineda *et al*., 2012). El diésel es una mezcla compleja de alcanos lineales (C10-C28), ramificados y cíclicos, así como de PAHs; estos últimos son considerados altamente tóxicos, reportados como mutagénicos y carcinógenos (Das y Chandran, 2011). Por lo que diferentes hongos ligninolíticos han sido explorados con fines de biorremediación (*Phanerochaete chrysosporium, Bjerkandera adusta*, *Pleurotus ostreatus*), ya que poseen la capacidad de expresar enzimas que son incorporadas al medio ambiente con el fin de degradar compuestos de composición molecular compleja, y son conocidas como extracelulares. *P. ostreatus* es un basidiomiceto de la pudrición blanca; produce lacasas (Lac), manganeso peroxidasas (MnP), versatil peroxidasas (VP) y veratril alcohol oxidasas (VAO) (Bourbonnais y Paice, 1988;

Palmieri *et al*., 2001; Wong, 2009). Estas enzimas son capaces de degradar, e incluso mineralizar parcialmente contaminantes recalcitrantes (colorantes, disruptores endocrinos, PAHs, compuestos halogenados, y diversos agroquímicos) (Gayosso-Canales *et al*., 2011). El aislamiento de estas enzimas de cultivos *in vitro* para fines de biorremediación involucra un alto costo y por lo tanto limita su aplicación. Los sustratos post-cosecha (SPC) son una fuente de micelio y enzimas ligninolíticas producidas durante el crecimiento del hongo y sustrato lignocelulósico no utilizado, barato y fácilmente disponible (Singh *et al*., 2011), su reutilización minimiza el impacto adverso al ambiente (Pardo-Giménez y Pardo-González, 2008). Por lo que esta investigación tuvo como objetivo evaluar los SPC de *P. ostreatus* a nivel microcosmo para la biorremediación de un suelo agrícola contaminado con diésel, a través de la caracterización microbiana, la bioaumentación (microorganismos presentes en el SPC) y la bioestimulación (co-sustrato del material lignocelulósico del SPC).

Materiales y Métodos

Se realizó un muestreo de suelo blanco con las siguientes coordenadas geográficas 18º 57'01 N y 97º 43'40 O en el Municipio de Acatzingo, Puebla. Las muestras de sustrato post-cosecha de *P. ostreatus* fueron donadas por productores locales de la región de Puebla. Ambas muestras fueron caracterizadas físico-químicamente y microbiológicamente de acuerdo a Arshad y Coen (1992) y Taylor *et al*., 2002.

Diseño experimental 1. Evaluación de la relación suelo: SPC de P. ostreatus en la biodegradación de diésel

Se realizó un diseño experimental completamente al azar en microcosmos a diferentes dosis de SPC (19:1, 9:1, 5.6:1 y 4:1 que corresponden a T1, T2, T3 y T4, respectivamente) y su testigo (T5 suelo estéril) con un suelo estéril impactado con 7039 ppm de diésel, e intemperizado por tres meses. Para cada tratamiento se emplearon frascos serológicos de 120 ml, con 30 g de la mezcla suelo: sustrato y fueron ajustados a una relación C:N:P a 100:10:1 usando soluciones estériles de NH_4SO_4 1 N y K_2HPO_4 1 N. La humedad se mantuvo entre 23.8-25.6% ± 5.23. La atmósfera de los reactores fue intercambiada cada tercer día con un flujo de aire (1.8 ml aire/seg) a través de una membrana estéril (0.22 µm). Los tratamientos se incubaron por 28 días a 25 y 37 ºC.

Diseño experimental 2. Experimentos para evaluar las actividades enzimáticas del SPC en la biodegradación de diésel

Se realizó un segundo diseño experimental en microcosmos para evaluar la participación de las poblaciones microbianas y las actividades enzimáticas (Lac, MnP, VP y VAO) presentes en el sistema de estudio. Los tratamientos en este diseño fueron: suelo contaminado estéril y SPC estéril (E1); suelo contaminado estéril y SPC no estéril (E2); suelo contaminado no estéril y SPC estéril (E3); suelo contaminado no estéril y SPC no estéril (E4), se empleó como testigo suelo no contaminado (E5). El suelo empleado fue impactado con 11030 ppm de diésel e intemperizado por tres meses. Todos los tratamientos se llevaron a cabo por triplicado y se incubaron por 28 d a 25 y 37 ºC.

Se cuantificó el diésel inicial y residual con base al Método EPA 8015 C (Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography) empleando un GC-MS (HP Agilent Modelo 6890 Sistema-FID), y se determinó la remoción de diésel (% de remoción= [(concentración inicial diésel – concentración final diésel) / concentración inicial diésel] * 100)); además se cuantificó la población inicial y final de bacterias y hongos tolerantes a diésel para los tratamientos incubados a 25 y 37 ºC, respectivamente. Se cuantificaron las diferentes actividades enzimáticas (Lac, MnP, VP y VAO) al inicio y final del experimento, por lo que una Unidad de actividad enzimática es definida como la cantidad de enzima que transforma 1 µmol min^{-1} de sustrato; las actividades enzimáticas fueron reportadas como

actividades específicas (U g suelo^{-1}) (Bollag y Leonowicz 1984; Bourbonnais y Paice 1988; Palmieri *et al*., 2001; Gayosso-Canales *et al*., 2011). Los datos obtenidos fueron analizados utilizando el paquete estadístico Minitab Versión 16.1.0.

Resultados y Discusión

El suelo agrícola proveniente de Acatzingo, Puebla presentó un bajo contenido nutricional que es inadecuado para la actividad agrícola según Arshad y Coen (1992), y el SPC al estar constituido de paja de trigo principalmente contiene altas dosis de N_t (0.56%) y MO (91%); estas características dependerán del tipo de residuo agroindustrial empleado para el cultivo de *P. ostreatus,* ya que pueden aportar desde 0.11-10.85% N_t y 18.66-51% C_{org} para el desarrollo de la seta (López-Rodrigez *et al*., 2008). El contenido de N_t (0.56%), C_{org} (52.78%) y P (0.3%) del SPC de *P. ostreatus* fueron similares a lo reportado por García-Delgado *et al*., (2013) con un 42% C_{org} y 0.7% N_t.

Este contenido nutrimental sirvió como fuente de C, N, y P para las actividades metabólicas de los microorganismos presentes en el microcosmo; debido que al incrementar la dosis de SPC (T4) se obtuvo una mayor biodegradación (61.2%) significativa (p = 0.000) de una concentración inicial de 7039 ppm de diésel (Cuadro 1) a cabo de 28 d, y un aumento de las poblaciones bacterianas autóctonas (tolerantes a diésel) de 2.9 a 5.0 Log UFC g^{-1} en el primer estudio. Además, el SPC sirvió como fuente de poblaciones bacterianas tolerantes a diésel; tal como Chiu *et a*l., (2009) reportaron que durante un proceso de biorremediación al utilizar SPC de *P. pulmonarius* aportó macronutrientes para una bioestimulación, y poblaciones microbianas (bacterias y hongos) para una bioaumentación. En nuestro segundo estudio, la aplicación del SPC de *P. ostreatus* a un suelo agrícola contaminado (11030 ppm diesel) aportó enzimas extracelulares como Lac (0.92 U g^{-1}) y VAO (0.34 U g^{-1}) en el microcosmos que influyeron en el proceso de biorremediación; también funcionó como co-sustrato debido a la mineralización del microorganismos muertos y nutrientes que estimularon la actividad microbiana en general (Eggen, 1999), incrementando 30.85 veces la producción de Lac y 15.83 veces para VAO a cabo de los 28 d. Las actividades enzimáticas de MnP y VP no fueron detectadas en el SPC. La mayor actividad de Lac (8.62 U g^{-1}) fue a 25 ºC (E4) y se obtuvo una biodegradación alta de diésel (66.5%) (Cuadro 2) significativa (p = 0.000); por lo que la actividad de Lac estuvo relacionada con la biodegradación y coincide en investigaciones con cultivos *in vitro* de cepas de *P. eryngii, P. ostreatus, P. pulmonarius* y *P. sajor-cajur* (Rodríguez *et al*., 2004). La población de hongos (5.22 Log UFC g^{-1}) fue responsable de la producción de Lac (8.62 U g^{-1}), y son indicador de la presencia de *P. ostreatus* o sus enzimas extracelulares y las enzimas producidas por los hongos del suelo (Eggen, 1999). En cambio, VAO se produjo mayor a 37 ºC (0.86 U g^{-1}), y no estuvo relacionada a la biodegradación ya que se detectó su actividad en suelos contaminados y sin contaminar. Las poblaciones microbianas tolerantes (7.26 LogUFC g^{-1} de bacterias y 5.22 Log UFC g^{-1} de hongos) endémicos del suelo y sustrato fueron los responsables de la producción de VAO (0.55 U g^{-1} y 0.86 U g^{-1}, respectivamente). Se ha reportado la presencia de VAO a nivel *in vitro* en microorganismos como: *Comamonas sp, Pleurotus sajor-caju, P. ostreatus, P. cornucopiae, P. eryngii, P. floridanus,* y *P. pulmonarius* (Bourbonnais y Paice 1988; Chen *et al*., 2012; Gutiérrez *et al*., 1994; Jadhav *et al*., 2009; Marzullo *et al.*, 1995); por lo que pueden estar presentes en nuestro sistema evaluado. Sin embargo, la disminución de la población de hongos en esta investigación se debe a que permanecen latentes al disminuir su actividad metabólica y crecimiento poblacional cuando están bajo estrés, en este caso el contaminante (diésel) (Bento *et al*., 2005). Por otro lado, las poblaciones bacterianas fueron estimuladas significativamente (p = 0.000) y se obtuvo la mayor biodegradación (72 %) (Cuadro 2). Las actividades de degradación pueden ser por las lacasas y a otros mecanismos como el sistema de peroxidasa H_2O_2 en hongos, el sistema del citocromo P-450 y al sistema de deshidrogenasa en bacterias (Das y Chandran 2011). La remoción de diésel en los tratamientos T5 y E1 (Cuadros 1 y

2) se debió a la pérdida y degradación química del diésel, y a los microorganismos que soportaron el proceso de esterilización del suelo. Con los resultados obtenidos, el SPC de *P. ostreatus* permitió porcentajes de biodegradación altos de diésel (72%) (11030 ppm concentración inicial) a 37 ºC por 28 d (Cuadro 2) siendo promisorio para un escalamiento y estudios fisiológicos posteriores, debido a que la aplicación de otros SPC (*P. pulmonarius*) (3%) llegan a biodegradar del 40-45% de TPH (1200 ppm concentración inicial) por 22 d en tratamientos *ex situ* (Chiu *et al*., 2009).

Cuadro 1. Biodegradación de diésel utilizando diferentes concentraciones de SPC de *P. ostreatus*

Tratamiento	Condición	Diésel residual (mg/kg)[1, 2]	± DE (mg/kg)	Biodegradación de diésel (%)	Valor-*F*
1	25 ºC	5201 [c]	245	22.2	150.90
1	37 ºC	4450 [d]	220	33.5	
2	25 ºC	4623 [c,d]	227	26.9	
2	37 ºC	3739.8 [e]	54	40.9	
3	25 ºC	3807.8 [e]	78.7	37.9	
3	37 ºC	2918 [f]	220	52.4	
4	25 ºC	3494.6 [e,f]	54.9	37.9	
4	37 ºC	2181.5 [g]	80.5	61.2	
5	25 ºC	6588.8 [a]	117.5	6.3	
5	37 ºC	5909.4 [b]	4.1	15.9	

[1]Cada valor representa el promedio por triplicado, los tratamientos corresponden a la cantidad de SPC agregado: T1, 19:1 relación suelo:sustrato; T2, 9:1; T3, 5.6:1; T4, 4:1; T5, suelo estéril
[2]Diferentes letras en la misma columna indican diferencia estadística significativa de acuerdo a la prueba de Tukey (p = 0.000)
DE: Desviación estándar

Cuadro 2. Evaluación de la biodegradación de diésel a nivel microcosmo utilizando suelo agrícola y SPC (4:1)

Tratamiento	Condición	Diésel residual (mg/kg)[1, 2]	± DE (mg/kg)	Biodegradación de diésel (%)	Valor-*F*
1	25 ºC	10044 [a]	30.3	8.9	3442.77
1	37 ºC	9368.1 [b]	56.2	15.1	
2	25 ºC	7012.6 [c]	66.6	36.4	
2	37 ºC	4835.4 [d]	49.9	56.2	
3	25 ºC	4776.6 [d]	40.2	56.7	
3	37 ºC	3454.6 [e]	79.6	68.7	
4	25 ºC	3695.0 [e]	37.6	66.5	
4	37 ºC	3086.2 [f]	117.5	72.0	

[1]Cada valor representa el promedio por triplicado de una concentración inicial de 11030 ppm de diésel, los tratamientos corresponden: E1, suelo estéril contaminado y sustrato estéril; E2, suelo estéril contaminado y sustrato no estéril; E3, suelo no estéril contaminado y sustrato estéril; E4, suelo no estéril contaminado y sustrato no estéril
[2]Diferentes letras en la misma columna indican diferencia estadística significativa de acuerdo a la prueba de Tukey (p = 0.000)
DE: Desviación estándar

Conclusiones

Este estudio investigó diferentes factores asociados con el uso de los sustratos post-cosecha de *P. ostreatus* en la biorremediación de un suelo agrícola contaminado con diésel. La relación 4:1 (suelo: SPC) fue la más efectiva para la biodegradación. Cuando se emplearon mezclas no estériles con suelo contaminado con diésel (11030 ppm), la biodegradación más alta fue del 72% evaluada después de 28 días de incubación a 37 ºC. Por lo que el SPC de *P. ostreatus* aportó enzimas extracelulares como Lac (0.92 U g^{-1}) y VAO (0.34 U g^{-1}) en el microcosmos, que influyeron en el proceso de biorremediación pero también funcionó como co-sustrato para la población microbiana endémica del suelo incrementado la producción de Lac (30.85 veces) y VAO (15.83 veces). Así, que el SPC actuó como agente bioestimulante (por los nutrientes aportados) de las poblaciones endémicas del suelo, y como fuente bioaumentadora (fuente de microorganismos).

Referencias

Arshad MA, Coen GM (1992) Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria. American Journal of Alternative Agriculture 7: 25-31. doi: 10.1017/S0889189300004410

Bento FM, Camargo FAO, Okeke BC, Frankenberger WT (2005) Comparative bioremediation of soils contaminated with diesel oil by natural attenuation, biostimulation and bioaugmentation. Bioresource Technol 96: 1049-1055

Bollag J, Leonowicz A (1984) Comparative studies of extracelular fungal laccases. Appl Environ Microb 48: 849-854

Bourbonnais R, Paice GM (1988) Veratryl alcohol oxidases from the lignin-degrading basidiomycete *Pleurotus sajor-caju*. Biochem J 255: 445-450

Chen YH, Chai LY, Zhu YH, Yang ZH, Zheng Y, Zhang H (2012) Biodegradation of kraft lignin by a bacterial strain *Comamonas sp.* B-9 isolated from eroded bamboo slips. J Appl Microbiol 112:900-906. doi: 10.1111/j.1365-2672.2012.05275.x

Chiu S-W, Gao T, Chan CS, Ho CK (2009) Removal of spilled petroleum in industrial soils by spent compost of mushroom *Pleurotus pulmonarius*. Chemosphere 75: 837-42. doi: 10.1016/j.chemosphere.2008.12.044

Das N, Chandran P (2011) Microbial degradation of petroleum hydrocarbon contaminants: an overview. Biotechnology Research International 2011: 1-13

Eggen T (1999) Application of fungal substrate from comercial mushroom production –*Pleurotus ostreatus*- for bioremediation of creosote contaminated soil. Int Biodeter Biodegr 44: 117-126

García-Delgado C, Jiménez-Ayuso N, Frutos I, Gárate A, Eymar E (2013) Cadmium and lead bioavailability and their effects on polycyclic aromatic hydrocarbons biodegradation by spent mushroom substrate. Environ Sci Pollut Res 20: 8690-8699. doi: 10.1007/s11356-013-1829-0

Gayosso-Canales M, Esparza-García FJ, Bermúdez-Cruz RM, Tomasini A, Ruíz-Aguilar GM, Rodríguez-Vázquez R (2011) Application of 2III7-3 fractional factorial experimental design to enhance enzymatic activities of *Pleurotus ostreatus* with high concentrations of polychlorinated biphenyls. J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng 46: 298-305

Gutiérrez A, Caramelo L, Prieto A, Martínez MJ, Martínez AT (1994) Anisaldehyde Production and Ary-Alcohol Oxidase and Dehydrogenase Activities in Ligninolytic Fungi of the Genus *Pleurotus.* Appl Environ Microb 60: 1783-1788

Jadhav UU, Dawkar VV, Tamboli DP, Govindwar SP (2009) Purification and characterization of veratryl alcohol oxidase from *Comamonas sp.* UVS and its role in decolorization of textile dyes. Biotechnol Bioproc E 14: 369-376. doi: 10.1007/s12257-008-0300-4

López-Rodríguez C, Hernández-Corredor R, Suárez-Franco C, Borrero M (2008) Evaluation of growth and production of *Pleurotus ostreatus* on different agroindustrial wastes of Cundinamarca. Universitas Scientiarum 13: 128-137

Marzullo L, Cannio R, Giardina P, Santini MT (1995) Veratryl Alcohol Oxidase from *Pleurotus ostreatus* Participates in Lignin Biodegradation and Prevents Polymerization of Laccase-oxidized Substrates. J Biol Chem 270: 3823-3827

Palmieri G, Bianco C, Cennamo G, Giardina P, Marino G, Monti M, Sannia G (2001) Purification, characterization, and functional role of a novel extracellular protease from *Pleurotus ostreatus*. Appl Environ Microb 67: 2754-2759

Pardo-Giménez A, Pardo-González JE (2008) Evaluation of casing materials made from spent mushroom substrate and coconut fibre pith for use in production of *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach. Span J Agric Res 6: 683-690. ISSN: 1695-971-X

Rivera-Pineda F, Ramírez-Valverde B, Juárez-Sánchez JP, Pérez-Armendáriz B, Estrella-Chulim N, Escobedo-Castillo F, Ramírez-Valverde G (2012) Implicaciones en la agricultura por el derrame de hidrocarburo en Acatzingo, México. In: Martínez RR, Ramírez VB, Rojo MGE (eds) Recursos naturales y contaminación ambiental, 1st edn. México, pp 203-218

Rodríguez E, Nuero O, Guillén F, Martínez AT, Martínez MJ (2004) Degradation of phenolic and non-phenolic aromatic pollutants by four *Pleurotus* species: the role of laccase and versatile peroxidase. Soil Biology and Biochemistry 36: 909-916. doi: 10.1016/j.soilbio.2004.02.005

Singh AD, Sabaratnam V, Abdullah N, Sekaran M (2011) Enzymes from spent mushroom substrate of *Pleurotus sajor-caju* for the decolourisation and detoxification of textile dyes. World J Microb Biot 27: 535-45. doi: 10.1007/s11274-010-0487-3

Taylor JP, Wilson B, Mills MS, Burns RG (2002) Comparison of microbial numbers and enzymatic activities in surface soils and subsoils using various techniques. Soil Biol Biochem 34: 387-401

Wong DWS (2009) Structure and Action Mechanism of Ligninolytic Enzymes. Appl Biochem Biotech 157: 174-209. doi: 10.1007/s12020-008-8279-z

BACTERIAS DEL SUELO ASOCIADAS A MAÍZ, BENÉFICAS PARA EL CONTROL DE HONGOS FITOPATÓGENOS

Medina-de la Rosa, G.[1,2], López-Reyes, L.[1]*, Carcaño-Montiel, M.[1] y Tapia-Hernández, A[1].
[1]Laboratorio de Microbiología de Suelos "Dr. Jesús Caballero-Mellado" Centro de Investigación en Ciencias Microbiológicas. Instituto de Ciencias. BUAP. Puebla, Puebla. México.
[2]Maestría en Manejo Sostenible de Agroecosistemas. Instituto de Ciencias. BUAP. Puebla, Puebla. México.

*Autor responsable: lucia.lopez@correo.buap.mx; Edificio IC-11. Ciudad Universitaria, Colonia San Manuel, Puebla, México. CP 72570; Tel. (222)-2295500 (Ext 2553).

Resumen
Se seleccionaron bacterias quitinolíticas y productoras de compuestos orgánicos volátiles (COV) a partir de una colección de cepas aisladas de la rizósfera de maíz. Se evaluó la capacidad de las bacterias para inhibir el crecimiento del hongo patógeno *Fusarium* sp. Se encontraron 28 bacterias quitinolíticas y bacterias productoras de COV. Además, se realizaron ensayos de sanidad en semillas de maíz en presencia y ausencia de las bacterias más eficientes en producción de los metabolitos detectados. Se encontró que dichas bacterias tienen el potencial para controlar enfermedades de origen fúngico.

Palabras clave
Enzima quitinasa; COV; hongos fitopatógenos; maíz; sanidad de semillas.

Introducción
El desmedido uso de agentes sintéticos para el control de plagas y enfermedades, ha generado un marcado deterioro en la salud del ecosistema. La presencia de dichos compuestos es mucho más alarmante, toda vez que pueden permanecer en el ambiente por periodos muy prolongados, generando daños incalculables. Otro aspecto aún más inquietante del uso de plaguicidas, es la resistencia que generan algunos organismos, lo cual obliga a los agricultores a incrementar el número y concentración de las aplicaciones (Altieri & Nicholls, 2012). Como alternativa, el control biológico propone la restauración de la biodiversidad de los ecosistemas al adicionar especies antagonistas que puedan combatir, por medios naturales y de bajo efecto residual, a los patógenos. Los mecanismos de acción son variables, y dentro de estos, se encuentran la producción de enzimas que debilitan a los hongos e insectos o que, por medio de la liberación de compuestos orgánicos volátiles, pueden inhibir el desarrollo de los mismos (Ezziyyani *et al.*, 2006).

El objetivo de este trabajo fue identificar y caracterizar bacterias asociadas a suelo de la rizósfera de maíz, productoras de compuestos orgánicos volátiles (COV) y enzima quitinasa, capaces de inhibir el crecimiento de hongos fitopatógenos.

Materiales y Métodos
Se trabajó con una colección de 339 bacterias aisladas de la rizósfera de maíz, pertenecientes a la colección del Laboratorio de Microbiología de Suelos "Dr. Jesús Caballero Mellado" (López-Reyes *et al.*, 2012). Así mismo, se seleccionaron hongos fitopatógenos asociados a plantas de maíz.

⟩ *Compuestos orgánicos volátiles (COV)*
Como modelo de hongo fitopatógeno para estudiar el efecto de las bacterias, se utilizó una cepa del

género *Fusarium*, debido al impacto que tiene como principal agente patógeno en una amplia variedad de cultivos, así como la producción de micotoxinas dañinas para los organismos que las consumen (Bacon *et al.*, 2001, Rangel *et al.*, 2010, Reyes-Velázquez *et al.*, 2011). Se utilizaron cajas de Petri con división, en uno de los pozos se colocaron 5 mL de agar de soya y tripticaseína (BD Bioxon) y en los tres restantes agar de papa y dextrosa (MCD LAB). Se sembraron 20 µL del cultivo bacteriano (9×10^8 UFC mL^{-1}) y el hongo se inoculó por picadura con ayuda de asa recta; las placas se sellaron para el intercambio gaseoso entre el hongo y la bacteria reto. Por último, las placas se incubaron a 25-28°C y se realizaron mediciones del crecimiento del hongo a las 96 h (Velázquez-Becerra *et al.*, 2010).

⟩ *Enzima quitinasa*

La producción de la enzima quitinasa se evaluó por medio de la formación de halos transparentes alrededor de las colonias bacterianas en un medio de cultivo adicionado con quitina como la principal fuente de carbono (Solanki *et al.*, 2012). Se utilizaron placas con medio de cultivo mínimo (5g L^{-1} de $MgSO_4H_2O$, 1 g L^{-1} de KH_2PO_4 y 20 mL L^{-1} de quitina coloidal; pH 7.2) (Wang *et al.*, 2013), adicionado con quitina coloidal (Castro *et al.*, 2011). Con el replicador de Steer, se sembraron 10 µL de cada cultivo bacteriano y se mantuvieron en incubación 5 días a 30°C (Berg *et al.*, 2005). Posteriormente, se identificó y midió el halo producto de la degradación de la quitina para determinar la relación halo-colonia.

⟩ *Cuantificación de la actividad quitinolítica*

La determinación de la actividad de la enzima quitinasa se realizó por el método Morgan-Elson modificado, basado en la cuantificación de N-acetil-glucosamina (Sigma® A3286), producida a partir de quitina coloidal; y su lectura en el espectrofotómetro (Castro *et al.*, 2011). Se preparó una curva de calibración con un estándar del mismo reactivo (0 a 200 µg mL^{-1}). La actividad se expresó en unidades de quitinasa (Uquitinasa), que corresponden a la cantidad de enzima que produce un µmol de NAG min^{-1} bajo las condiciones utilizadas (Liu *et al.*, 2011).

⟩ *Control de hongos asociados a semillas de maíz*

Se desinfectó superficialmente 300 semillas de maíz, con hipoclorito de sodio 10% y enjuagues con agua destilada estéril. Las semillas se inocularon con 45 mL de suspensión bacteriana (10^8 UFC mL^{-1}) y se dejaron por 24 h a 30°C. Se colocaron 100 semillas (tres repeticiones por tratamiento) sobre papel secante y se cubrieron con plástico adherente; las cuales se mantuvieron durante 10 días a 25°C en condiciones de humedad, para la germinación de la semilla y manifestación de hongos asociados (Warham *et al*., 1997). En el caso de los tratamientos con bacterias productoras de COV, los rollos se mantuvieron separados para evitar la combinación de gases. Las colonias fúngicas se aislaron e identificaron. Se determinó el porcentaje de infección en ausencia y presencia de bacterias. Los datos obtenidos del análisis de las muestras se sometieron a un análisis de varianza, realizando una comparación de medias mediante la prueba de Tukey (α=0.05). Se utilizó el programa computacional STATGRAPHICS® Centurion XVI (2009).

Resultados y Discusión

Dentro de las especies productoras de COV se encontró que el género *Pseudomonas* representa el 50% del total de bacterias ensayadas, el cual está ampliamente distribuido en el suelo y se sabe que cuenta con diferentes mecanismos aprovechables para el control biológico (Singh & Shanmugam, 2012). Además de ser el género más sobresaliente en la inhibición del crecimiento del hongo modelo (Figura 1).

Figura 2. Crecimiento del hongo *Fusarium* la influencia de COV producidos por bacterias.

Se encontraron 28 bacterias productoras de enzima quitinasa distribuidas en cepas de los géneros *Acinetobacter*, *Arthrobacter*, *Bacterium*, *Burkholderia*, *Paenibacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Shewanella*, *Sphingomonas* y *Stenotrophomonas*. Siendo este último, un género de especial interés por el amplio rango de acción de las enzimas quitinolíticas que produce (Suma & Podile, 2013).

Cuadro 2. Bacterias quitinolíticas aisladas de la rizósfera de maíz e índice de degradación de quitina y actividad enzimática.

Bacteria	Relación halo/colonia[1,2]	Actividad enzimática[1] Uquitinasa[3]
Acinetobacter sp. (T29)	1.16 ± 0.01 q	3.01 ± 0.04 opqrs
Bacterium sp. (AM15)	1.36 ± 0.01 p	3.08 ± 0.04 opqrs
Burkholderia sp. (AM6)	1.46 ± 0.03 op	4.88 ± 0.02 e
Sphingomonas paucimobilis (CN60)	1.57 ± 0.04 no	3.22 ± 0.11 nopqrs
Burkholderia cepacia (CA56)	1.59 ± 0.02 n	3.31 ± 0.04 nopq
Burkholderia cepacia (AM51)	1.60 ± 0.00 n	3.37 ± 0.01 lmno
Stenotrophomonas sp. (CR30)	2.03 ± 0.01 m	3.49 ± 0.05 lmn
Stenotrophomonas maltophilia (CR18)	2.06 ± 0.02 m	3.97 ± 0.07 hij
Paenibacillus sp. (AM43)	2.21 ± 0.01 l	3.71 ± 0.10 klm
Arthobacter sp. (T13)	2.33 ± 0.01 kl	4.29 ± 0.07 gh
Pseudomonas fluorescens (P45)	2.42 ± 0.02 jk	4.31 ± 0.04 gh
Stenotrophomonas sp. (P43)	2.43 ± 0.04 ijk	2.92 ± 0.01 qrs
Shewanella putrefaciens (C32)	2.54 ± 0.03 ij	2.89 ± 0.02 rs
Stenotrophomonas maltophilia (P27)	2.55 ± 0.04 i	3.33 ± 0.08 mnop
Stenotrophomonas maltophilia (P33)	2.68 ± 0.02 h	6.94 ± 0.10 c
Stenotrophomonas sp. (P9)	2.76 ± 0.03 gh	5.10 ± 0.07 e
Stenotrophomonas maltophilia (P38)	2.8 ± 0.03 gh	3.12 ± 0.03 nopqrs
Burkholderia cepacia (CA50)	2.83 ± 0.02 fg	4.46 ± 0.02 fg
Stenotrophomonas sp. (P25)	2.85 ± 0.03 fg	3.27 ± 0.01 nopr
Stenotrophomonas sp. (P34)	2.86 ± 0.00 fg	3.76 ± 0.06 jkl
Burkholderia cepacia (CA44)	2.94 ± 0.02 ef	4.14 ± 0.04 ghi
Stenotrophomonas sp. (P46)	2.95 ± 0.01 ef	4.83 ± 0.03 ef
Burkholderia gladioli (P26)	3.00 ± 0.03 de	6.43 ± 0.09 d
Burkholderia cepacia (CA49)	3.12 ± 0.02 cd	3.74 ± 0.09 jkl
Burkholderia gladioli (CA47)	3.20 ± 0.00 c	9.95 ± 0.16 b
Rhizobium radiobacter (CA41)	3.34 ± 0.02 b	2.94 ± 0.04 pqrs
Burkholderia cepacia (AM12)	3.35 ± 0.03 b	11.00 ± 0.16 a
Pseudomonas putida (CA48)	4.63 ± 0.03 a	3.29 ± 0.09 nopq

[1] Promedio ± Error estándar. Letras iguales indican que no existe diferencia significativa (Tukey, $p<0.05$).
[2] Relación diámetro halo/diámetro colonia.
[3] Uquitinasa = Cantidad de enzima necesaria para transformar 1 µmol NAG h^{-1} ml^{-1} a 50°C.

En actividad enzimática, sólo las cepas de *Burkholderia cepacia* CA47 (9.95 ± 0.16 Uquitinasa) y AM12 (11.10 ± 0.16 Uquitinasa), tuvieron una actividad superior a 9 Uquitinasa; misma que depende en gran medida de las condiciones bajo las cuales se esté evaluando (Sridevi & Mallaiah, 2008, Zhang *et al*., 2013).

Se registró la presencia de seis variantes de hongos asociados a las semillas de maíz inoculadas y no con bacterias productoras de COV; estos se identificaron (Warham *et al.*, 1997) y registraron dentro de tres géneros de hongos: *Fusarium*, *Acremonium* y *Penicillium* (Cuadro 2).

Cuadro 3. Porcentaje de infección fúngica en semillas tratadas con bacterias productoras de COV

Bacteria	*Acremonium*	*Fusarium*
	% Infección	
Ochrobactrum anthropi (CR12)	60.70 ± 3.53 abcd	10.00 ± 1.73 a
Pseudomonas aeruginosa (CN33)	71.00 ± 1.73 cd	17.30 ± 2.40 ab
Pseudomonas aeruginosa (CR27)	57.70 ± 3.18 abc	47.70 ± 2.60 d
Pseudomonas aeruginosa (CR32)	75.30 ± 1.33 de	24.30 ± 1.20 bc
Pseudomonas fluorescens (P13)	55.00 ± 3.51 abc	30.30 ± 3.93 bc
Pseudomonas sp. (AM36)	49.00 ± 4.00 a	28.00 ± 3.51 bc
Pseudomonas sp. (CN3)	63.70 ± 2.03 bcd	17.00 ± 1.15 ab
Pseudomonas stutzeri (CN44)	66.30 ± 3.18 bcd	33.70 ± 3.18 c
Ralstonia pickettii (CN41)	44.30 ± 6.06 a	28.30 ± 0.88 bc
Ralstonia pickettii (CR20)	58.00 ± 4.04 abcd	8.33 ± 4.33 a
Testigo	89.00 ± 3.21 e	8.67 ± 1.33 a

Promedio ± Error estándar. Letras iguales indican que no existe diferencia significativa (Tukey, $p<0.05$).

La mayoría de las bacterias quitinolíticas evaluadas, disminuyeron el porcentaje de infección con respecto al tratamiento testigo. De los tres géneros fúngicos que se aislaron, se sabe que *Fusarium* es un fitopatógeno común en las semillas de maíz (Stefanello *et al.*, 2015). Las cepas *Burkholderia cepacia* (AM12) y *Pseudomonas putida* (CA48) mostraron un efecto significativo sobre el control de *Acremonium* y *Fusarium*, respectivamente, por lo que para su evaluación en campo se recomienda la aplicación de un complejo bacteriano que contrarreste las principales enfermedades que afectan a los cultivos, puesto que la diversidad de las especies permite la formación de suelos supresivos que limiten el desarrollo de enfermedades (Almario *et al.*, 2014, Hjort *et al.*, 2014).

Cuadro 4. Porcentaje de infección fúngica en semillas tratadas con bacterias quitinolíticas.

Bacteria	Infección[1]	*Acremonium*	*Fusarium*
	Porcentaje (%)		
Burkholderia cepacia (AM12)	30.70 ± 0.33 c	10.00 ± 1.53 d	19.70 ± 2.33 ab
Burkholderia gladioli (CA47)	89.30 ± 4.33 a	77.00 ± 2.89 a	11.70 ± 2.60 b
Pseudomonas putida (CA48)	64.70 ± 4.98 b	42.30 ± 1.76 bc	22.00 ± 3.51 ab
Rhizobium radiobacter (CA41)	59.30 ± 4.98 b	31.70 ± 3.84 c	26.70 ± 5.70 ab
Stenotrophomonas sp. (P34)	68.30 ± 1.33 b	33.70 ± 3.67 bc	34.00 ± 3.00 a
Stenotrophomonas sp. (P46)	57.30 ± 1.20 b	29.00 ± 3.06 c	27.30 ± 2.91 ab
Testigo	86.30 ± 4.37 a	48.30 ± 4.70 b	36.00 ± 5.29 a

Promedio ± error estándar. Letras iguales indican que no existe diferencia significativa (Tukey, $p<0.05$).

Conclusión

Las bacterias productoras de compuestos orgánicos volátiles y enzima quitinasa aisladas de la rizósfera de maíz (*Zea mays* L.), tienen el potencial para ser usadas como agentes de control biológico de hongos fitopatógenos además de ser una alternativa al uso de productos sintéticos.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto VIEP-BUAP2016-154 "Validación del efecto de bacterias de la rizósfera de maíz en la inhibición de hongos fitopatógenos" y de los resultados de tesis de Medina-de la Rosa G., quien recibió beca conacyt en la Maestría en Agroecosistemas-BUAP.

Referencias

Almario, J.; Muller, D.; Défago, G.; Moënne-Loccoz, Y. 2014. Rhizosphere ecology and phytoprotection in soils naturally suppressive to *Thielaviopsis* black root rot of tobacco. Environmental Microbiology 16: 1949-1960.

Altieri, M.A.; Nicholls, C.I. 2012. Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica. Agroecología 7: 65-83.

Bacon, C.W.; Yates, I.E.; Hinton, D.M.; Meredith, F. 2001. Biological control of *Fusarium moniliforme* in maize. Environmental health perspectives 109: 325-332.

Berg, G.; Krechel, A.; Ditz, M.; Sikora, R. A.; Ulrich, A.; Hallmann, J. 2005. Endophytic and ectophytic potato-associated bacterial communities differ in structure and antagonistic function against plant pathogenic fungi. FEMS Microbiology Ecology 51: 215-229.

Castro, R.; Álvarez, A.; Machado, E.; Mendoza, M.; Gómez, R.; García, P. 2011. Caracterización de una quitinasa extracelular producida por Serratia sp. BIOMI-363706 usando quitina coloidal como sustrato. Revista de la Sociedad Química de Perú 77: 101-108.

Ezziyyani, M.; Ahmed, A S.I.D.; Sanchez, P.; Requena, M.E.; Vegetal, U.D.F. 2006. Control biológico por microorganismos antagonistas. Tecnología de producción 191: 8-15.

Hjort, K.; Presti, I.; Elväng, A.; Marinelli, F.; Sjöling, S. 2014. Bacterial chitinase with phytopathogen control capacity from suppressive soil revealed by functional metagenomics. Applied Microbiology and Biotechnology 98: 2819-2828.

Liu, Y.; Tao, J.; Yan, Y.; Li, B.; Li, H.; Li, C. 2011. Biocontrol efficiency of Bacillus subtilis SL-13 and characterization of an antifungal chitinase. Chinese Journal of Chemical Engineering 19: 128-134.

López-Reyes, L.; Hernández-Espinosa, M.Á.; Ruiz-Careaga, J.; Carcaño-Montiel, M.G.; Medina-de la Rosa, G.; Portillo-Reyes, R.; Muñoz-Rojas, J. 2012. Adsorción de ácidos carboxílicos de origen vegetal y bacteriano en un suelo agrícola. Terra Latinoamericana 30: 261-270.

Rangel, G.; Castro, E.; Beltran, E.; Cruz, H.; García, E. 2010. El acido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas. Biológicas 12: 90-95.

Reyes-Velázquez, W.P.; Figueroa-Gómez, R.M.; Barberis, M.; Reynoso, M.M.; Rojo, F.G.A.; Chulze, S.N.; Torres, A.M. 2011. *Fusarium* species (section Liseola) occurrence and natural incidence of beauvericin, fusaproliferin and fumonisins in maize hybrids harvested in Mexico. Mycotoxin Research 27: 187-194.

Singh, N.A.; Shanmugam, V. 2012. Cloning and characterization of a bifunctional glycosyl hydrolase from an antagonistic *Pseudomonas putida* strain P3(4). Journal of Basic Microbiology 52: 340-349.

Solanki, M.K.; Robert, A.S.; Singh, R.K.; Kumar, S.; Pandey, A.K.; Srivastava, A.K.; Arora, D.K. 2012. Characterization of mycolytic enzymes of *Bacillus* strains and their bio-protection role against *Rhizoctonia solani* in tomato. Current Microbiology 65: 330-336.

Sridevi, M.; Mallaiah, K. V. 2008. Factors effecting chitinase activity of *Rhizobium* sp. from *Sesbania sesban*. Biologia 63: 307-312.

Stefanello, R.; Muniz, M.F.B.; Nunes, U.R.; Dutra, C.B.; Somavilla, I. 2015. Physiological and Sanitary Qualities of Maize Landrace Seeds Stored Under Two Conditions. Ciência e Agrotecnologia 39: 339-347.

Suma, K.; Podile, A.R. 2013. Chitinase A from *Stenotrophomonas maltophilia* shows transglycosylation and antifungal activities. Bioresource Technology 133: 213-220.

Velázquez-Becerra, C.; Macías-Rodríguez, L.I.; López-Bucio, J.; Flores-Cortez, I.; Santoyo, G.; Valencia-Cantero, E. 2010. Actividad inhibitoria del compuesto volátil bacteriano dimetilhexadecilamina sobre fitopatógenos. Biológicas 12: 96-101.

Wang, K.; Yan, P.S.; Ding, Q.L.; Wu, Q.X.; Wang, Z.B.; Peng, J. 2013. Diversity of culturable root-associated/endophytic bacteria and their chitinolytic and aflatoxin inhibition activity of peanut plant in China. World Journal of Microbiology and Biotechnology 29: 1-10.

Warham, E.J.; Butler, L.D.; Sutton, R.C. 1997. 1° ed. Ensayos para la semilla de maíz y de trigo. (CIMMYT, Ed.). CIMMYT. México. 84 pp.

Zhang, J.; Kopparapu, N.K.; Yan, Q.; Yang, S.; Jiang, Z. 2013. Purification and characterisation of a novel chitinase from persimmon (*Diospyros kaki*) with antifungal activity. Food Chemistry 138: 1225-1232.

BACTERIAS HALÓFILAS EN LA GERMINACIÓN Y PROMOCIÓN DEL CRECIMIENTO DE *Helianthus* sp. EN SUELOS CONTAMINADOS CON DESECHOS DE CURTIDURÍA

Medrano-García, L.A.[1]; Medrano-Santillana M.[1]; De la Riva-de la Riva G. A.[1] Hernández-Hernández V.[1]; Colli-Mull, J.G.[1*]

[1]Instituto Tecnológico Superior de Irapuato. Carretera Irapuato Silao Km 12.5. Col. Copal, CP.36821. Irapuato, Guanajuato. México.
*Autor responsable: jcolli@itesi.edu.mx

Resumen
La contaminación por los desechos de curtiduría que contienen principalmente Cromo (Cr), elemento altamente tóxico para el ser vivo, es uno de los principales problemas que afectan al estado de León Guanajuato. Una alternativa para remediar los suelos, es por medio de plantas y microorganismos, por lo que en este estudio se combinaron plantas de *Helianthus* sp. y aislados bacterianos del cráter de Cintora. Los aislados tienen una morfología bacilar y coco, siendo Gram positivas y con una resistencia a Cr VI de 500 ppm. Entre las actividades de los aislados, se encuentra su potencial como solubilizadoras de fosfato y síntesis auxinas. El efecto del consorcio bacteriano sobre las plantas *Helianthus* sp., fue positivo, debido a que hubo mayor germinación y promoción del crecimiento vegetal en presencia de desechos del lodo de curtiduría, caso que no se observa cuando no está presente el consorcio bacteriano. Por lo que la alternativa de emplear *Helianthus* sp./Bacteria, representa un sistema alternativo para la remediación de los desechos de curtiduría.

Palabras clave
Consorcio bacteriano; *Helianthus* sp; lodo de curtiduría

Introducción
La contaminación del suelo, aire y agua por parte de las curtidurías ha provocado diversos daños a la salud como cáncer pulmonar (Becerra *et al.*, 2011), desordenes en sangre, es decir enfermedades hemáticas, afecciones renales al hígado y cáncer de piel entre otros (Denton *et al*., 2002), debido a la presencia del Cr, el cual es considerado un agente mutagénico e incluso carcinogénico (Rizzoto y Sala, 1992). Carabias *et al.*, 1999 mencionan que la mayor parte de las curtidurías se encuentran localizadas en la zona Metropolitana de la Cd. de México y en los estados de Nuevo León, Jalisco y Guanajuato, este último con una producción del 65% del curtido y acabado de cuero. A nivel nacional se registraron 1000 tenerías aproximadamente; siendo León, la ciudad con mayor número de empresas con aproximadamente 700, de las cuales solo 150 cumplen con la Norma Oficial Mexicana 052 de la secretaria de medio ambiente y recursos naturales (Muñoz, 2016).
Dado el uso indispensable para algunos procesos y las consecuencias que conlleva los residuos que produce, se han buscado alternativas para remediar este contaminante como técnicas fisicoquímicas, térmicas y biológicos; de los cuales el biológico, es uno de los más efectivos puesto que no contamina al ambiente y se requiere un mínimo o ningún tratamiento posterior, mientras que los tratamientos fisicoquímicos generan residuos después de usarse y puede promover la movilidad de los contaminantes, y los tratamientos térmicos son los más costosos (Volke y Velasco, 2002). Por lo que es importante encontrar y, desarrollar nuevas o mejores alternativas de tratamientos biológicos. El presente proyecto se inició con el estudio sobre la germinación y promoción del crecimiento vegetal de *Helianthus* sp., con aislados microbianos en suelos contaminados con desechos de curtiduría.

Materiales y Métodos

Se activaron 57 aislados del suelo de los cráteres de Rincón de Parangueo y el cráter Cintora, Valle de Santiago, Gto., en el medio LB 50% + (1M NaCl:+1 M KCl: +1M $MgSO_4 7H_2O$) sólido y, se realizaron las pruebas morfológicas y bioquímicas.

⎩ *Tolerancia a cromo hexavalente*

Se utilizó el medio modificado con adición de K_2CrO_4, en concentraciones de 100, 200, 250, 300, 350, 400, 450 y 500 ppm. Posterior a esta prueba, se seleccionaron los aislados para determinar cuáles conformarían los consorcios con una capacidad de resistir el Cr VI (500 ppm) (Islas-Espinoza *et al.*, 2011).

⎩ *Producción de Auxinas*

Se inoculó cada uno de los aislados en micro placas que contenían 100⇑l de medio para determinación de auxinas, utilizando L-Triptofano como precursor del AIA, se incubarón en obscuridad a 37ºC por 72 horas; posteriormente se reveló con la solución de Salkowsky, para determinar la presencia de ácido indol-acetico, siendo positivas las que se tornan en color rosa-rojo (Salkowsky, 1889).

⎩ *Solubilización de fosfatos*

Se preparó el medio de cultivo Pikovskaya (PVK) el cual contenía fosfato tricalcico como única fuente de fósforo, haciendo la selección de los microorganismos capaces de solubilizar en base al crecimiento y a la formación del halo de solubilización (Sundara y Sinha, 1963).

⎩ *Confrontación*

Para la confrontación, se colocaron los aislados en forma de asterisco. Se dejaron incubar por 24 h y se observaron los resultados; los resultados positivos permiten visualizar la interacción de un aislado con otro, mientras que un resultado negativo se observa un halo de inhibición. Se generó un consorcio bacteriano con cinco aislados (Rojas-Ruiz *et al.*, 2010)

⎩ *Preparación de suelo con lodo de curtiduría.*

La preparación del suelo contaminado, consistió en añadir diferentes porcentajes de contaminante, de los cuales se prepararon 5, 10, 15 y 20% de curtiduría con suelo estéril, como se muestra en el *Cuadro 1*.

Cuadro 1. Proporciones de suelo y lodo de curtiduría según la concentración.

Suelo (gr)	Conc. %	Lodo de curtiduría en ml.
1000	0	0
950	5	50
900	10	100
850	15	150
800	20	200

⎩ *Efecto del consorcio en la germinación y promoción del crecimiento vegetal*

Se utilizaron semillas de *Helianthus* sp., las cuales se inocularon con 10^8 UFC/ml. **A los siete días** del proceso de inoculación se evaluó el porcentaje de germinación. Las plántulas se mantuvieron por tres semanas y posteriormente se evaluó el peso fresco, peso seco, y el número de hojas por planta.

⎩ *Análisis estadístico*

Los datos obtenidos por seis números de repeticiones, con cinco plantas en cada una, fueron analizados mediante el análisis de varianza (ANOVA) con un valor de $p = 0.05$ con el software Minitab 16, determinando las desviaciones estándar.

Resultados y Discusión

Tolerancia a Cr VI

De los 57 aislados (18 de Rincón de Parangueo y 39 de Cintora) 100% fue tolerante a 100 y 200 ppm, el 50% de los aislados del cráter de Rincón de Parangueo fue resistente a 250 y 300 ppm, el 28% es resistente a 350 y 400 ppm y el **21%** a 450 y 500 ppm; mientras que los aislados del cráter Cintora el 72% fue resistente a 250 ppm, el 69% a 300 ppm, 58% a 350 ppm, el 56% a 400 ppm, el 53% a 450 ppm y el **28%** a 500ppm Cr VI. Estos aislados resistentes a 500 ppm de Cr VI, son potencialmente solubilizadoras de fosfato y el 98.25% productoras de índoles. A comparación de Becerra *et al 2011* que tuvo una resistencia hasta 50 ppm de Cr VI pero con un medio que contenía acetato, lactato, piruvato y glicerol. Mientras que Cortes *et al.,* 2010 obtuvo seis aislados capaces de resistir hasta 100 ppm, usando como medios de cultivo: LB, soya nutritiva y M9 en forma sólido y líquido.

Confrontación

De los aislados que toleran 500 ppm de Cr VI, se realizaron confrontaciones entre ellas. Se obtuvo un consorcio con cinco aislados del cráter de Cintora, de los cuales son Gram positivo, con morfología bacilar (2) y cocos (3), siendo los cinco positivos para auxinas y solubilizadoras de fosfato.

Efecto del consorcio sobre la germinación de Helianthus sp. en suelos con lodo de curtiduría.

Se evaluó la germinación a los cinco días después de la inoculación, en la cual se observó que el tratamiento con consorcio tuvo un efecto positivo sobre la germinación, observando una respuesta dosis-dependiente del 53, 33 y 36% de germinación, en 10, 15 y 20% de lodo de curtiduría, en comparación a los tratamientos sin consorcio bacteriano que fue de 6 y 0,0% respectivamente, (Cuadro 2 y la Fig.1**).** Según Gutiérrez-Espinoza *et al.,* 2011 reporta la germinación de *Helianthus annus* L. silvestre en concentraciones de 0 hasta 200 ppm de Cr VI, mientras que en este proyecto se evaluó la germinación en lodo de curtiduría, el cual contiene otras sales como: sulfato básico de cromo, carbonato de sodio, bicarbonato de sodio, óxido de magnesio, sales de cromo autobasificables, fungicidas (metil bistozianato de metilo y 2 Tiociano metiltiobenzotiazol) y aceites sulfitados, es decir no contiene solamente el cromo (Carabias *et al.,* 1999).

El efecto del consorcio en la promoción del crecimiento en suelos con lodo de curtiduría, de igual manera como se puede observar en la ***Fig.2***, el consorcio tuvo un efecto **positivo** en la promoción del crecimiento vegetal con valores de 290% en peso fresco en el tratamiento del 10% de lodo de curtiduría. En la *Fig.3,* se pueden observar los valores correspondientes a la promoción del crecimiento vegetal, donde claramente se observa el efecto positivo cuando está presente el consorcio.

Cuadro 2. Porcentaje de Germinación de *Helianthus* sp. con diferentes % de lodo de curtiduría.

% Lodo de curtiduría	-consorcio %	+consorcio%
0	36.66 (±2.91)	90 (±1.66)
5	6.6 (±1.55)	73.73 (±1.56)
10	**6.66** (±1.56)	**53.33** (±1.55)
15	0	33.33 (±1.55)
20	0	36.66 (±1.23)

Análisis estadísticos

El análisis estadístico de los resultados acorde a lo establecido previamente en la metodología muestra un claro efecto positivo de los consorcios bacterianos respecto a la promoción del crecimiento de *Helianthus* sp., en un sustrato contaminado con lodo de curtiduría. Los valores obtenidos son representativos dado el empleo de una muestra experimental de 30 plantas por tratamiento, utilizando un margen de error de 5% durante la estimación de la desviación estándar. Analizando individualmente cada tratamiento se observa que no hay diferencias significativas en el crecimiento de las plantas control, sin embargo al enfrentar las plantas con consorcio contra el sustrato contaminado con un 5 % de lodo de curtiduría, es evidente que el consorcio bacteriano aumenta en dos veces el peso de las plantas; es importante mencionar que esta tendencia se mantiene en todos los tratamientos, a pesar del aumento del contaminante, es notorio, que el consorcio potencia en por lo menos dos veces el crecimiento de la biomasa vegetal, lo cual se constata comparando los pesos en gramos de las plantas tanto en peso fresco como en peso seco. Como se puede apreciar en la ***Fig.2.***

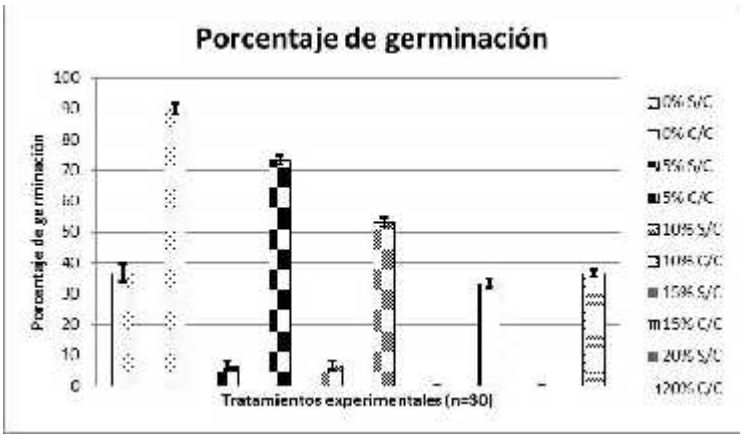


Figura 1. Porcentaje de germinación de *Helianthus* sp. con y sin consorcio bacteriano con diferentes porcentajes de lodo de curtiduría a los siete días de inoculación. S/C: sin consorcio y C/C: con consorcio bacteriano

Figura 2. Crecimiento del tallo y raíz en los diferentes tratamientos. **A)** Tallo con consorcio, **B)** Tallo en sin consorcio, **C)** Comparación del crecimiento de la raíz con consorcio **D)** Comparación del crecimiento de la raíz sin consorcio. El número de maceta corresponde al número de planta. 1*) suelo sin inoculo, 2) Suelo más inoculo, 3) 5% lodo de curtiduría + consorcio, 4) 10% lodo de curtiduría + consorcio, 5)15% lodo de curtiduría + consorcio, 6) 20% lodo de curtiduría + consorcio, 7) 5% lodo de curtiduría sin consorcio, 8) 10% lodo de curtiduría sin consorcio, 9) 15% lodo de curtiduría sin consorcio, 10) 20% lodo de curtiduría sin consorcio.

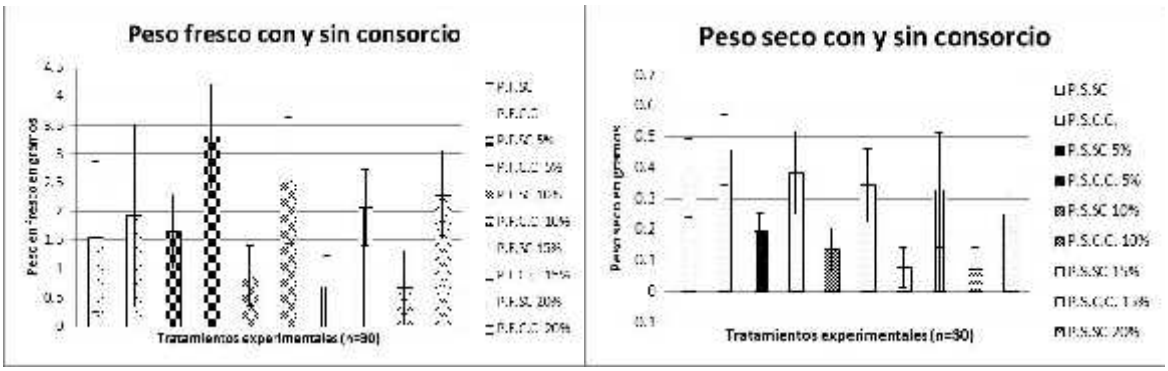


Figura 2. Diferencias significativas entre los tratamientos con consorcio y su control tanto en A) Peso fresco como en B) Peso seco. S.C: sin consorcio bacteriano y C.C.: con consorcio bacteria, con sus respectivos porcentajes de contaminante.

Conclusiones

Se logró caracterizar los aislados, para la síntesis de auxinas, solubilización de fosfatos, resistencia a Cr VI, obteniendo un consorcio de cinco aislados con características morfológicas bacilar-cocos, Gram positivos, potenciales solubilizadoras de fosfato, productoras de índoles y resistentes hasta 500 ppm de Cr VI.

De igual manera se logró observar un efecto benéfico en la promoción de la germinación y en la promoción del crecimiento de *Helianthus* sp. en presencia de lodo de curtiduría.

Agradecimientos

A BADER por proporcionar la muestra de lodo de curtiduría con presencia de cromo. Que se dedica al curtido de pieles.

Referencias

Becerra Hernández E. J., Brito E.M.S., Cuevas Rodriguez G., Bernal Martinez A., Mares U., Duran R., Guyonaud R., Goñi Urriza M. 2011 Bioprospección de bacterias anaerobias para la reducción de cromo hexavalente. XIV congreso nacional de biotecnología y bioingeniería. Pp.1

Carabias L.J., E.D. Provencio, C.N. Cortinas. 1999. Manual de procedimientos para el manejo adecuado de los residuos de curtiduría. Instituto Nacional de Ecología SEMARNAP. 1-62.

Cortes C. E., Martínez P. C.E. y López G.E. 2010 Efectos citotóxicos del Cr VI sobre el desarrollo de cepas bacterias aisladas de un sitio contaminado con cromatos. Universidad Autónoma de Querétaro. Pp. 1-4.

Denton J.E. 2002 Office of enviromental health hazard assessment. Printed on recycled paper. Pp. 1

Gutiérrez-Espinoza L.R., Melgoza-Castillo A., Alarcón-Herrera M.T., Ortega-Gutiérrez J.A., Prado-Tarango D.E. y Cedillo-Alcantar M.E. 2011. Germinación del girasol silvestre (*Helianthus annus* L.) en presencia de diferentes concentraciones de metales. Revista Latinoamérica biotecnológica ambiental. 2(1):49-56

Islas-Espinoza M. Y Bojórquez-Aguilar R. 2011 Bacterias Reductoras De Cr+6 Y Su Potencial Biotecnológico Revista Internacional Contaminación Ambiente. 27(3), 231-239

Muñoz D. A. 2016 Desconoce CICUR destino de residuos de tenerías. Noticieros en línea. http://noticierosenlinea.com/desconoce-cicur-destino-residuos-tenerias/

Rizzoto M. y Sala L.F.1992 Significación Biológica de los diferentes estados de oxidación del cromo. Acta farmacéutica Bonaerense 11(1): 25-30

Rojas-Ruíz N.E., Vázquez-Cruz C., Sánchez-Alonso P., Sansinenea-Royano E., 2010. Análisis poblacional de Células vegetativas de *Bacillus thurigiensis* en interacción *in vitro* con bacterias del suelo. Agrociencia. 44:941-953

Salkowsky, E. 1889 Uber die bildung von fluchtigen fettsauren bei de ammoniakalischen harngahrung zeitschrifs. Physiologische chemie, pp. 264-274

Sundara R. y Sinha M. 1963 Organisms Phosphate Solubilizers in soil. Soil Sci. plant Nutr. 9(2), pp 45-49

Volke Selpúlveda T. y Velasco Trejo J.A. 2002 Tecnologías de remediación para suelos contaminados. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). Pp 9-64

RESPUESTA DEL RENDIMIENTO Y PIGMENTOS FOLIARES A LA EFECTIVIDAD DE VARIEDADES DE PIMIENTO MORRÓN INJERTADAS

Muñoz-Márquez, E.[1]; Sánchez-Chávez, E.[1*]

[1]Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. Cd. Delicias, Chihuahua, México

*Autor responsable: esteban@ciad.mx; Ave. 4ª. Sur Núm. 3820 Col. Vencedores del desierto, Cd. Delicias, Chihuahua. México. CP 33089; Tel. +52(639)-474-8400

Resumen
El cultivo de plantas injertadas se ha incrementado en muchos países del mundo, diversas investigaciones muestran que los portainjertos inducen importantes cambios en la planta. Para el pimiento morrón, que tiene altos costos de producción, es de vital importancia la calidad, sanidad y rendimiento del cultivo. Para lograr este objetivo se emplean diferentes técnicas de producción, de las cuales, el uso de portainjertos es de particular importancia. Por ello, en el presente estudio se evaluaron dos variedades de pimiento morrón (Fascinato y Janette) injertadas con el portainjerto Terrano. Las plantas fueron cultivadas en casa sombra y con fertilización constante de macro y micronutrimentos mediante fertirriego. Se evaluó el contenido de nitrógeno total foliar, el contenido de pigmentos foliares y el rendimiento. Los resultados mostraron que la variedad Fascinato injertada con el patrón Terrano tiene mayor concentración de pigmentos foliares y los mejores rendimientos respecto a las plantas control. Por tal motivo, el uso de los portainjertos Terrano es una alternativa efectiva para incrementar la actividad fotosintética y productividad de las variedades de chile pimiento morrón.

Palabras clave
Capsicum annun L; producción; nitrógeno, pigmentos foliares

Introducción
El aumento de los nutrientes (especialmente el nitrógeno), junto con una mayor radiación incidente y la ausencia de competidores (Mullen, *et al*., 2006) estimulan la fotosíntesis de las plantas y promueven el crecimiento vegetal (Zhang *et al*., 2008). El nitrógeno es uno de los recursos más importantes en el control de la fotosíntesis en las plantas (González-Real y Baille, 2000); incrementa la producción y favorece la calidad y peso de los frutos de chile (Tumbare *et al*., 2004).

Pensando en mejorar las características del cultivo de pimiento morrón, se ha empleado el uso de portainjertos, ésta práctica ha tomado importancia en muchos países del mundo (Lee and Oda, 2003) ya que su efectividad se ha demostrado en importantes cultivos como tomate, pepino, melón, sandía entre otros, incrementando resistencia a enfermedades del suelo (Davis *et al*., 2008), tolerancia a la salinidad (Abdelmageed and Gruda, 2009), mejora la eficiencia en la absorción de nutrientes (Santa-Cruz *et al*., 2002) y la producción y calidad del fruto (Colla *et al*., 2006). El cultivo de plantas injertadas ha crecido grandemente, debido principalmente a que una misma variedad puede ser injertada con diferentes portainjertos y ser trasplantadas en campo abierto o en invernadero (Rivero *et al*., 2003). En trabajos realizados por Ruiz *et al*., (1998) un cambio en el portainjerto altera el contenido foliar de ciertos elementos esenciales para las plantas, principalmente el nitrógeno.

En nuestro país, el uso de injertos es una técnica relativamente nueva, empleada en cultivos de alto valor comercial, siendo uno de ellos el pimiento morrón, ya que la mayor parte de la producción de pimiento (*Capsicum annum* L.) se destina a la exportación. México tiene una superficie sembrada de aproximadamente 5,800 Ha en todo el país, con rendimientos que pueden llegar hasta 50 Ton/Ha.

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar dos variedades de pimiento morrón injertadas y el efecto del portainjerto sobre la actividad fotosintética, el contenido de nitrógeno foliar y rendimiento del cultivo.

Materiales y Métodos

Las plántulas de pimiento morrón de las variedades Fascinato y Janette fueron injertadas con el portainjerto Terrano. Después de cinco semanas, las plántulas se trasplantaron bajo casa sombra al suroeste del municipio de Cd. Delicias, Chihuahua. Estas mismas variedades Fascinato y Janette sin injertar fueron consideradas como control.

En la casa sobra, la textura del suelo consistió en franco arcillo arenosa con 29.84% de arcilla, 12.08 de limo y 57.36% de arena, además de las siguientes características: N inorgánico (50.17 ppm), P (64.14 ppm), CIC (32.5 me/100g), conductividad eléctrica (0.84 ds/m), MO (1.68%), pH (7.72). El diseño experimental correspondió a un diseño de bloques completos al azar.
El programa de fertilización para un ciclo de 220 días se llevó a cabo en las siguientes formas y dosis: NH_4NO_3 (50.4 g/m^2), UAN32 (37.7 g/m^2), 5-30-00 (56 g/m^2), KNO_3 (44.8 g/m^2), Ca $(NO_3)_2$ (162.3 g/m^2), K_2SO_4 (201.3 g/m^2) y $MgSO_4$ (107.5 g/m^2). Suplementando la fertilización con los productos comerciales: Aquamild, Biofulvic, Amino Quelant Calcio, Agriful Antisal, Agrok, Bio Crack, Grow Kin, Fitomicrox, Pro Giv, Flussing Boro, Lombrihumatos, Tecamin Max, Tecnoquel Amino Mix, Tecnoquel Amino Fe 6% y Terrasor.

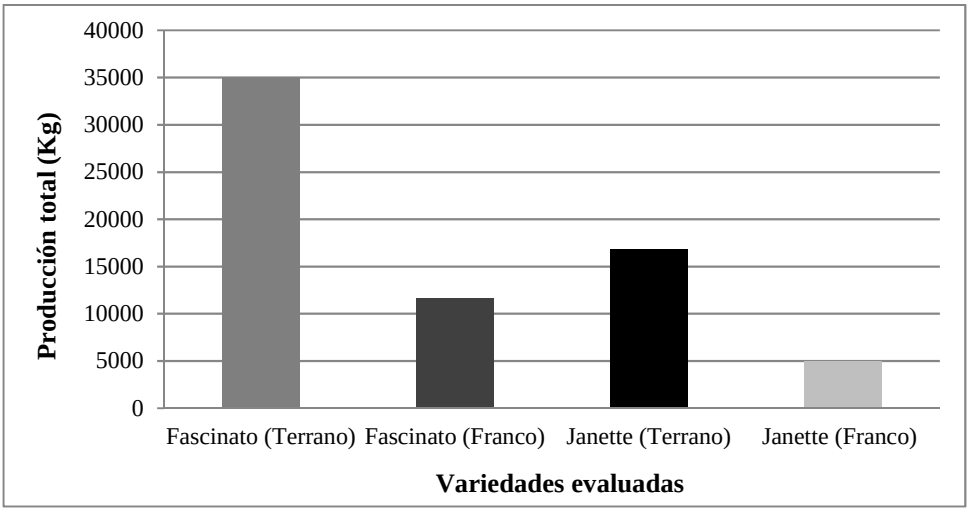
Se tomaron muestras foliares en plantas con hojas completamente desarrolladas durante el ciclo del cultivo. Las muestras fueron enjuagadas tres veces con agua destilada y finalmente con agua desionizada, después de trasfirieron a papel estraza para quitar el exceso de agua. Para la medición del contenido de clorofila, se siguió el procedimiento descrito por Wellburn (1994), el cual consiste en sumergir taleolas foliares frescas de 7 mm de diámetro, libres de nervaduras y con un peso aproximado de 0.125 g en 10 mL de Metanol, dejándolas reposar por 24 h en oscuridad. Después se procedió a la lectura en un espectrofotómetro VIS/UV en las longitudes de onda de 666, 653 y 470 nm. Los resultados fueron expresados como µg/cm^2 de peso fresco. Adicionalmente, se determinó el contenido de pigmentos totales con el medidor portátil de clorofila SPAD-502 para la medición relativa del verdor en tejidos foliares (Sainz y Echeverría, 1998; Hoeft y Peck, 2002). La determinación de la concentración total de nitrógeno foliar se realizó en muestras secas por medio del analizador elemental orgánico FLASH 2000 Thermo Scientific®.

Para el análisis estadístico, los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza. La diferencia de la prueba de separación de medias de acuerdo a la prueba LSD (* $p<0.05$; ** $p<0.01$;*** $p<0.001$; NS, No Significativo).

Resultados y Discusión

Se observaron diferencias significativas en rendimiento entre las plantas injertadas y respecto a las plantas control. Las variedades Fascinato (Terrano) y Janette (Terrano) produjeron los más altos rendimientos en fruto, registrando incrementos del 53.47% y 49.40% respectivamente (Cuadro 1). Igualmente, la concentración de pigmentos foliares fue mayor en las variedades injertadas en comparación con las control. En relación a la concentración de Clorofila *a*, el portainjerto Terrano incrementó el contenido de este pigmento en las variedades Fascinato y Janette en 51.78% y 37.73% en comparación con sus respectivos controles.

Figura 1. Efecto del portainjerto sobre la producción total en chile pimiento morrón



Cuadro 1. Rendimiento, Kg/planta; Chl *a*, Concentración foliar de clorofila *a* (µg/cm^2); Chl *b*, Concentración foliar de clorofila *b* (µg/cm^2); Concentración foliar de clorofila total (µg/cm^2); Valores SPAD (unidades SPAD).

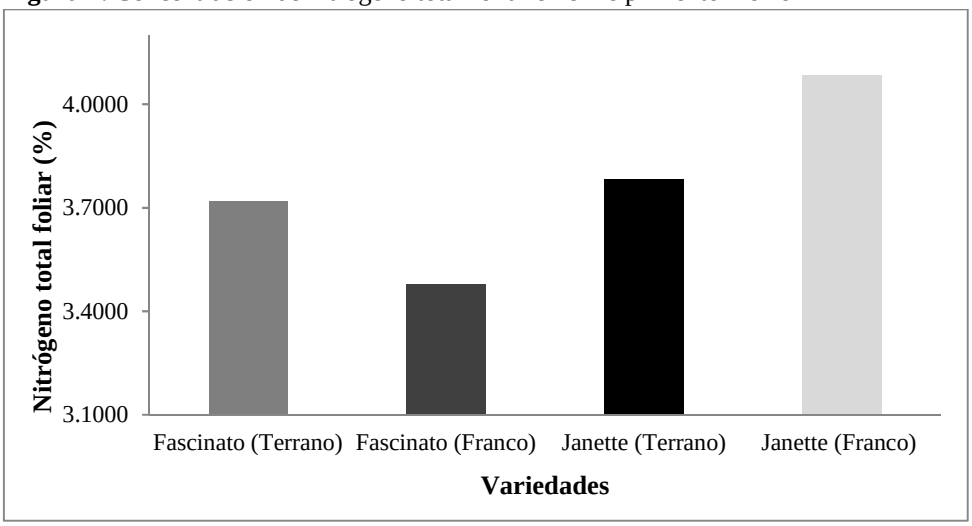
Tratamiento	Clorofila a	Clorofila b	Clorofila a+b	Valores SPAD	Rendimiento
Fascinato (Terrano)	0.56	4.80	5.36	65.75	4.19
Janette (Terrano)	0.53	4.82	5.35	61.74	3.28
Fascinato (Franco)	0.29	4.75	5.04	61.60	1.95
Janette (Franco)	0.20	4.78	4.98	65.63	1.66

Es bien conocido que la actividad fotosintética es un proceso fisiológico vital que está estrechamente ligado a la producción agronómica de un cultivo (Azcón-Bieto y Talón, 2001), y que a su vez depende de la concentración adecuada de nitrógeno en la planta para llevar a cabo y con eficiencia las reacciones bioquímicas necesarias para el óptimo desarrollo de la planta.

El contenido de nitrógeno foliar y la producción de frutos en la planta están estrechamente ligados. Las plantas con alto rendimiento por lo general contienen niveles más bajos de nitrógeno que aquellas plantas que producen menos fruto. Las plantas de la variedad Fascinato con portainjerto Terrano mostraron dicha tendencia, y el caso contrario reflejado por los resultados obtenidos con la variedad

Janette con patrón franco. La eficiencia de la planta para la utilización óptima de este macronutriente se atribuye al genotipo del portanjerto y a la variedad. En estudios realizados en 1997 por Romero, *et al*., se obtuvieron resultados similares al comparar diferentes portainjertos en cultivo de melón.

Figura 2. Concentración de nitrógeno total foliar en chile pimiento morrón



Conclusiones

La efectividad del portainjerto se vio reflejada por los resultados de rendimiento de fruto y cuyos efectos favorables fueron atribuidos al genotipo del portanjerto.

El uso del portainjerto Terrano es una alternativa natural y efectiva para mejorar la actividad fotosintética, y procesos bioquímicos indispensables para una mayor productividad y calidad del fruto de las variedades de pimiento morrón.

Referencias

Abdelmageed, A. H. A.; N. Grud. 2009. Influence of grafting on growth, development and some physiological parameters of tomatoes under controlled heat stressconditions. Eur. J. Hortic. Sci. 74, 16–20.

Azcón-Bieto, J.; Talón, M. 2001. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Editorial McGraw-Hill Interamericana. Primera Edición. Madrid, España. 522p.

Colla, G., Y. Rouphael; M. Cardarelli; D. Massa; A. Salerno; E. Rea. 2006. Yield, fruitquality and mineral composition of grafted melon plants grown under salineconditions. J. Hortic. Sci. Biotechnol. 81, 146–152.

Davis, A.R., P. Perkins-Veazie; Y. Sakata;S. López-Galarza; J.V. Maroto; S.G. Lee;Y.C. Huh;Z. Sun;A. Miguel;S.R. King; R. Cohen;J.M. Lee. 2008. Cucurbit grafting. Crit. Rev. Plant Sci. 27, 50–74.

González-real, M.M., Baille, A**.** 2000. Changes in leaf photosynthetic parameters with leaf position and nitrogen content within a rose plant canopy (*Rosa hybrida*). *Plant Cell Environ.* 23, 351–363.

Lee, J.M.; M. Oda. 2003. Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops.Hortic. Rev. 28, 61–124.

Mullen, R.M., Springer AE, Kolb TW. 2006. Complex effects of prescribed fire on restoring the soil water content in a high-elevation riparian meadow, Arizona. Restor. Ecol. 14, 242–250.

Rivero, R.M., Ruiz, J.M., Sánchez, E., Romero, L., 2003. Role of grafting in horticultural plants under stress condition. Food, Agriculture and Enviroment Vol. 1 (1): 70-74.

Romero, L.; A. Belakbir; L. Ragala and J.M. Ruiz. 1997. Response of plant yield and leaf pigment to saline conditions: Effectiveness of different rootstocks in melon plants (*Cucumismelo*L.). Soil Sci. Plant Nutr. 43 (2) 855-862.

Ruiz, J.M.; M. Baghour; G. Bretones; A. Belakbir andL. Romero. 1998. Nitrogen metabolism in tobacco plants (*Nicotianatabacum L.*): Role of boron as a possible regulatory factor. Int. J. PlantSci. 159, 121-126.

Santa-Cruz, A.; M.M. Martinez-Rodriguez; F. Perez-Alfocea; R. Romero-Aranda; M.C. Bolarin. 2002. The rootstock effect on the tomato salinity response dependson the shoot genotype. Plant Sci. 162, 825–831.

Tumbare, A.D., Niikam, D. 2004. Effect of planting and fertigation on growth and yield of green chili (*Capsicum annun*). Indian J. Agric. Sci. 74:242-245.

Zhang, Y., Niu1, S., Xu1, W., Han, Y. 2008. Species-specific Response of Photosynthesis to Burning and Nitrogen Fertilization. Journal of Integrative Plant Biology 2008, 50 (5): 565–574.

COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE LA SOLUCIÓN DEL SUELO Y DEL EXTRACTO CELULAR DE PECIOLO EN ARÁNDANOS

Narvaez-Ortiz, W.A.; Cabrera-De la Fuente, M.; Valdez-Aguilar L.A.; Benavides-Mendoza, A.*

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Horticultura, Saltillo, Coahuila, México

*Autor para correspondencia: Adalberto Benavides Mendoza; abenmen@gmail.com; Calle: Calzada Antonio Narro Núm. 1923, Col. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. CP 25315; Tel. +52 8444110303

Resumen
El objetivo fue estudiar el comportamiento dinámico del NO_3^-, K^+, pH y conductividad eléctrica (CE) en la SS y del NO_3^-, K^+, pH y sólidos solubles totales (SST) en el extracto celular de peciolo (ECP) a través del tiempo de crecimiento del cultivo. Las muestras obtenidas de la SS y del ECP fueron analizadas *in situ* mediante la ayuda de equipos portátiles. Con los datos se construyeron curvas del comportamiento dinámico comparando conjuntamente la SS y el ECP. También se realizó un análisis de componentes principales. Se determinó que el comportamiento dinámico de la solución del suelo y del extracto celular de peciolo se ve modificado en cada fase de crecimiento del cultivo. Se observó que ocurre asociación entre las diferentes variables de la solución del suelo y del extracto celular de peciolo, por lo que se tiene la posibilidad de predecir el comportamiento de uno con base en el otro.

Palabras clave
Nutrición vegetal; agua de los poros del suelo; potasio; nitrato; *Vaccinium corymbosum* L.

Introducción
Entre las frutillas o moras, el arándano ha tomado gran importancia en México. La nutrición del cultivo es uno de los factores primordiales dentro de los sistemas de producción. Para alcanzar y mantener una nutrición balanceada se pueden utilizar varios métodos de diagnóstico como son el análisis de suelo y el análisis foliar o de tejido que permiten evaluar la concentración y contenido de nutrientes durante el crecimiento del cultivo. Entre las ventajas de dichos métodos está la gran cantidad de información que existe sobre ellos, lo que los convierte en fuentes accesibles y confiables para la toma de decisiones. Entre las desventajas se encuentran, el tiempo entre la toma de muestras y la obtención de los resultados del laboratorio, así como el hecho de que, especialmente en el caso del análisis de suelo, lo que presentan los resultados son las concentraciones de elementos que potencialmente puede aportar el suelo a las plantas, y no lo que realmente está disponible para su crecimiento. Inclusive, en el caso de los análisis de tejido vegetal seco, el resultado obtenido señala la cantidad del elemento contenido por unidad de masa vegetal, sin distinguir si dicho elemento realmente está activo o en forma soluble en las células. Es por ello que se propone el estudio de la solución del suelo (SS) y del extracto celular de peciolo (ECP), como técnicas que aportan información adicional para el manejo de los cultivos. En el caso de la SS por tratarse de la fase del sistema edáfico de donde las plantas toman directamente sus nutrientes (Khasawneh, 1971; Menguel y Kirby, 2001), y en el caso del ECP por determinarse en esas muestras la cantidad de nutrientes presentes en forma soluble (Castro-Brindis *et al.*, 2000).

Existe poca información acerca de la relación entre el comportamiento de la SS y el del ECP. Si dichos comportamientos estuviesen acoplados entonces uno puede predecirse a partir del otro y el seguimiento nutricional *in situ* pudiera llevarse a cabo determinando solamente la composición de la SS, pero si no lo están entonces sería necesario determinar tanto la composición de la SS como la del ECP. Considerando lo anterior el objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento dinámico del NO_3^-, K^+, pH y conductividad eléctrica (CE) en la SS y del NO_3^-, K^+, pH y sólidos solubles totales (SST) en el ECP a través del tiempo de crecimiento del cultivo.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en un campo de cultivo comercial de arándano (*Vaccinium sp*) ubicado en Ciudad Guzmán Jalisco, México, en las coordenadas 19° 40' 53.13" latitud norte y 103° 32' 41.77" longitud oeste. Al momento del estudio las plantas habían cumplido un año desde su establecimiento. El estudio comprendió el análisis de la solución del suelo (SS) y del extracto celular de peciolo (ECP) a través del tiempo. Los muestreos iniciaron en julio del 2013 y terminaron en febrero del 2014, coincidiendo con las etapas de desarrollo vegetativo hasta fructificación. Las muestras de SS y del ECP se colectaron cada 15 días.

La colecta de la SS se realizó utilizando extractores pasivos de solución de suelo (lisímetros) de la marca Irrometer, mismos que fueron colocados a una distancia de 15 cm del tallo principal de la planta y a una profundidad de 20 cm. Se establecieron seis estaciones de muestreo con un lisímetro por estación para obtener SS. La distancia mínima entre una estación y otra fue de 500 m y cada estación se consideró como una repetición. Una vez establecidos los lisímetros la obtención de la muestra se realizó efectuando un vacío de 70 KPa. Esta actividad se llevó a cabo en condiciones de capacidad de campo una vez terminado el fertirriego. La recolección de las muestras se efectuó 24 horas después de haber realizado el vacío. Las muestras para analizar el ECP fueron colectadas al azar de plantas ubicadas en un área circular con radio de 30 m y centrada en la estación de muestreo para la SS. Para el análisis del ECP se tomaron peciolos de hojas con madurez fisiológica (70 por repetición), el ECP se obtuvo con una prensa y el líquido obtenido fue colectado en una bolsa de polietileno, colocado en una hielera para su refrigeración y analizado de inmediato. Los muestreos se realizaron durante la mañana con temperaturas entre 20 y 25 ºC. Las muestras obtenidas de la SS y del ECP fueron analizadas *in situ* mediante la ayuda de equipos portátiles. El pH se determinó con un potenciómetro de la marca Hanna modelo HI98130, la conductividad eléctrica (CE) se evaluó con un equipo de la marca Horiba modelo Spectrum Cardy Twin; los iones se analizaron con equipos ión-selectivos de la marca Horiba; para NO_3^- se utilizó el modelo B743 y para el K^+ el modelo B731. La CE solo se determinó en la SS y los SST en el ECP con ayuda de un refractómetro de la marca Atago. Los datos obtenidos fueron tabulados y estandarizados para construir curvas del comportamiento dinámico comparando conjuntamente la SS y el ECP. También se realizó un análisis de componentes principales para determinar si la SS y el ECP, considerando el conjunto de todas las variables, presentan un comportamiento correlacionado a través del tiempo.

Resultados y Discusión

Dinámica de la solución del suelo y el extracto celular de peciolo. Los datos del promedio mensual de la concentración de NO_3^- y K^+ en la SS y el ECP se anotan en el Cuadro 1. Se observa que de manera sistemática la concentración de NO_3^- en la SS es mayor que la del ECP, mientras que para el K^+ es a la inversa. Para este último resalta la magnitud de la diferencia en las concentraciones, en donde el ECP muestra datos de 10 a 40 veces mayores que la SS. Los datos fueron estandarizados

para eliminar las diferencias en la magnitud de la concentración y se incluyeron en las Figuras 1A y 1B. En la Figura 1A se aprecia como durante la etapa vegetativa y la de floración la dinámica de la concentración de NO_3^- en la SS y en el ECP muestran un desacoplamiento, moviéndose en sentidos contrarios. El máximo de acumulación de NO_3^- en el ECP ocurre en la etapa vegetativa acompañado de una caída en la concentración en la SS. Durante la floración, fructificación y cosecha se presentan niveles más bajos de NO_3^- en el ECP, lo que puede indicar un mayor aporte hacia los frutos o bien una disminución general en la necesidad de N por la planta; sin embargo, sin los datos de NO_3^- en el pedúnculo de los frutos no es posible decantarse por una u otra posibilidad. Por otra parte, en la Figura 1B el K^+ muestra una dinámica diferente, observándose un acoplamiento en el comportamiento de la concentración en la SS y en el ECP. De nuevo parece haber una mayor acumulación de K^+ en las etapas vegetativas y de floración seguida de una disminución durante la fructificación y cosecha. En cuanto a la disminución de la concentración de ambos iones en la SS es posible que obedezca a los procesos de lixiviación y absorción radical (Navarro-Blaya y Navarro-García, 2003, Ferreyra *et al.* 2001).

Cuadro 1. Concentración de nitratos y potasio en mg L^{-1} en la solución del suelo (SS) y el extracto celular de peciolo (ECP) para los diferentes muestreos.

	Nitratos (mg L^{-1})								**Potasio (mg L^{-1})**							
	2013						2014		2013						2014	
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
SS	519	174	325	683	163	213	100	278	208	140	262	241	26	21	27	31
ECP	167	240	39	68	67	109	65	106	2122	3673	3541	1983	1291	839	917	1326

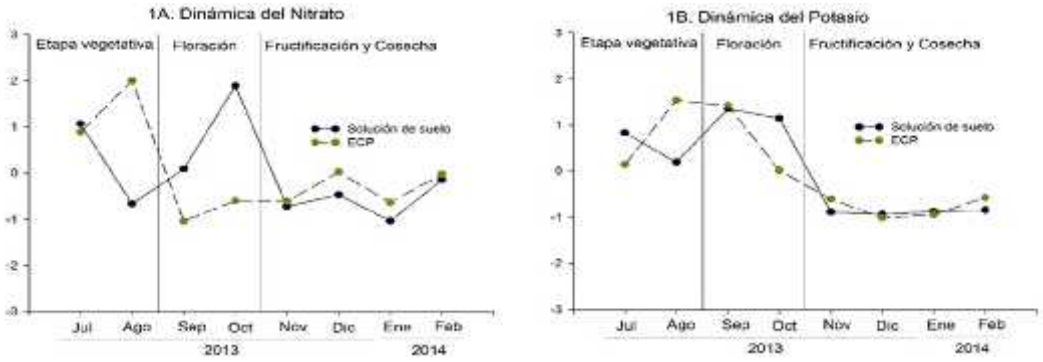


Figura 1. A. Dinámica del NO_3^{-1} en la solución del suelo y el extracto celular de peciolo en un cultivo de arándano. B. Dinámica del K^+ en la solución del suelo y el extracto celular de peciolo en un cultivo de arándano. Los datos fueron estandarizados antes de construir las gráficas

Los resultados del pH en la SS y en el ECP muestran un alto grado de acoplamiento temporal (Cuadro 2 y Figura 2A), alcanzando los valores más bajos en la etapa de floración. Las modificaciones en el pH de la SS pueden deberse a la aplicación de fertilizantes a base de nitrato que alcalinizan el medio (Snakin, 2001) así como a la propia actividad metabólica de la raíz. En cuanto a los valores tan bajos observados en el ECP se espera que ocurra así por tratarse de un sistema sujeto a un nivel alto de protonación resultante de la actividad metabólica. Es posible observar también un cierto grado de

acoplamiento en las respuestas dinámicas de la CE en la SS y de los SST en el ECP (Cuadro 2 y Figura 2B). En ambos casos se obtuvo una tendencia decreciente constante que pudiera indicar una disminución en el aporte de iones por la matriz del suelo, así como un menor volumen de aplicación de fertilizantes en las etapas de crecimiento posteriores a la vegetativa.

Cuadro 2. Niveles de pH en la solución del suelo (SS) y el extracto celular de peciolo (ECP), conductividad eléctrica (dS m^{-1}) en la SS y solidos solubles totales (%) en el ECP para los diferentes muestreos.

	pH								**C.E de la SS (dS m^{-1}) y sólidos solubles totales del ECP (%)**							
	2013						2014		2013						2014	
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
SS	7.1	6.1	5.5	6.5	6.8	7.3	6.3	7.1	1.74	1.08	0.57	0.76	0.52	0.43	0.49	0.85
ECP	4.06	2.70	2.31	1.87	2.95	2.74	2.55	2.48	11.2	11.7	12.3	11.4	5.3	4.1	5.2	5.8

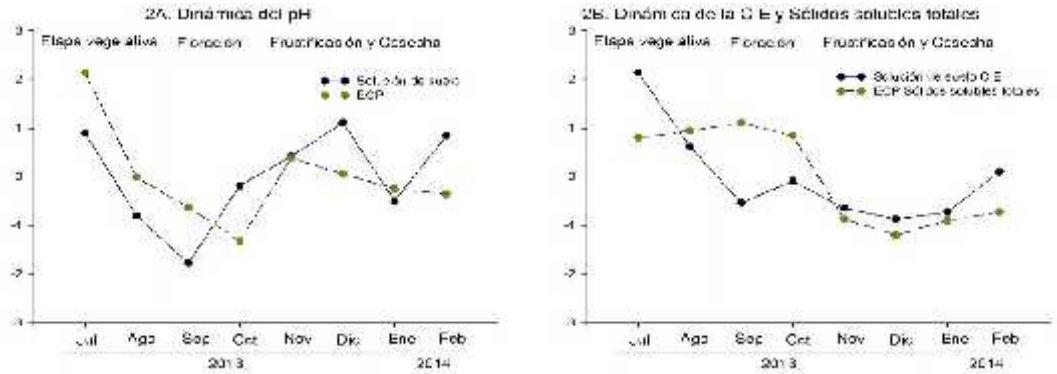


Figura 2. A. Dinámica del pH en la solución del suelo y el extracto celular de peciolo en un cultivo de arándano. B. Dinámica de la conductividad eléctrica en la solución del suelo y de los sólidos solubles totales en el extracto celular de peciolo SST en un cultivo de arándano. Los datos fueron estandarizados antes de construir las gráficas

Análisis de componentes principales (ACP). Al construir los componentes principales (CP) se obtiene un resumen de la estructura de las asociaciones entre cada variable original. Dicho resumen se presenta en forma de coeficientes de carga (Cuadro 3) cuyo valor y signo indican la importancia de cada variable en el conjunto multvariado así como si la contribución ocurre en sentido positivo o negativo. En el Cuadro 3 se aprecia en la CP1 de la SS un aporte alto y positivo del NO_3^-, K^+ y CE, variables que muestran asociación entre ellas para definir esta CP1. En la CP2 en cambio la aportación importante es del pH, la cual es una variable que parece moverse por separado de la concentración de los iones y la CE. Para el ECP ocurre un mayor aporte del K^+ y los SST a la CP1, mientras que el NO_3^- y el pH muestran mayor importancia en definir la CP1.

Cuadro 3. Vectores de carga estandarizados del primer y segundo componente principal de las diferentes variables evaluadas.

	SS		**ECP**	
Variables	CP1	CP2	CP1	CP2
NO_3^-	0.59	0.18	-0.44	-0.51
K^+	0.64	-0.29	-0.63	0.27
pH	-0.16	0.81	-0.14	-0.76
C.E	0.45	0.45	------	-----
SST	------	------	-0.61	0.26

SS= solución del suelo, ECP= extracto celular de peciolo, CP= componente principal

Al revisar la Figura 3 se constata que al considerar todo el conjunto de datos se presenta un comportamiento correlacionado entre las características de la SS y las del ECP, pero dicho comportamiento depende de la fase de crecimiento del cultivo. Como ejemplo, las muestras obtenidas durante la etapa de floración aparecen en cuadrantes contrarios en las Figuras 3A y 3B, lo que indica que van en direcciones contrarias en cuanto al efecto del conjunto de variables que los definen.

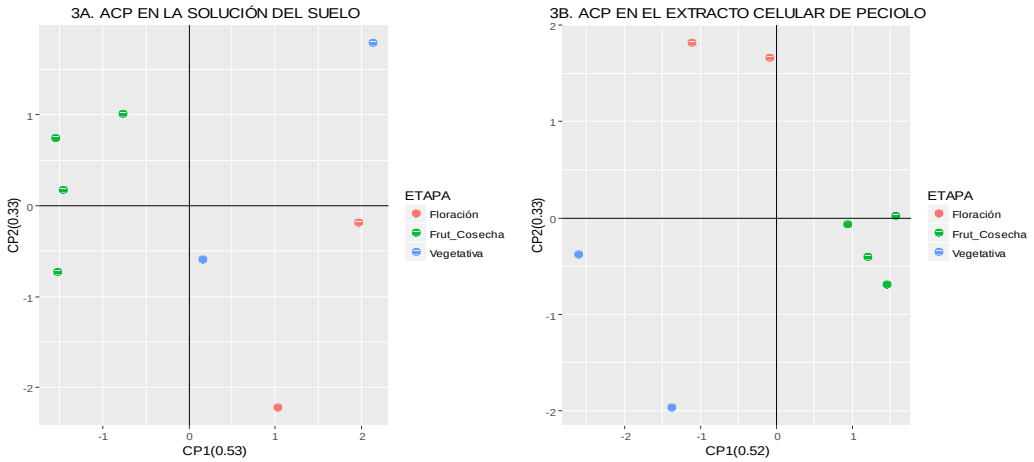


Figura 3. A. Gráfico de las dos primeras componentes principales de la solución del suelo. B. Gráfico de las dos primeras componentes principales del extracto celular del suelo. Los diferentes colores indican las etapas de crecimiento de las plantas en donde ocurrieron los muestreos. Los números entre los paréntesis en los ejes indican la varianza acumulada en cada componente principal: 0.86/1 (86%) para la solución del suelo y 0.85/1 (85%) para el extracto celular del peciolo.

Conclusiones

Se determinó que el comportamiento dinámico de la solución del suelo y del extracto celular de peciolo se ve modificado en cada fase de crecimiento del cultivo. Se observó que ocurre asociación entre las diferentes variables de la solución del suelo y del extracto celular de peciolo, por lo se tiene la posibilidad de predecir el comportamiento de uno con base en el otro.

Agradecimiento

Los autores agradecen a Tradecorp México S.A. y Nevada Chemicals S.A. de C.V. por el apoyo económico y logístico para la realización de la presente investigación.

Referencias

Castro-Brindis, R., P. Sánchez-García, A. Peña-Lomelí, G. Alcantar-González, G. A. Baca-Castillo, & R. López-Romero. 2000. Nitratos en el extracto celular de pecíolos y tallo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) y su relación con el rendimiento. Revista Chapingo Serie Horticultura, *6*(1), 33-38.

Ferreyra, E. R., C. J. Peralta, R. A. Sadzawka, S. C. Muñoz and V. J Valenzuela. 2001. Efecto de la acidificación del sustrato y del agua de riego en la nutrición, desarrollo y producción de arándano ojo de conejo (*Vaccinium ashei* Reade). Chile. Agricultura técnica. 61(4): 452-458.

Khasawneh F.E. 1971. Solution Ion Activity and Plant Growth. USA. Soil Sci. Soc. Amer. 35: 426-436.

Mengel, K and E. Kirkby. 2001. Principles of Plant Nutrition (5th Edition). Springer. Dordrecht, The Netherlands. 807 p.

Navarro-Blaya, S y G. Navarro-García. 2003. Química Agrícola. Mundi-prensa. Barcelona, España. 479 p.

Snakin, V. V., A.A. Prisyazhnaya and E. Kovács-Láng. 2001. Soil Liquid Phase Composition. El Sevier Science B.V. Amsterdam, The Netherlands. 316 p

EFICIENCIA DE FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN CONTROLADA EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTA FORESTAL EN VIVERO

Ordaz-Chaparro, V. M.[1*]; Ávila-Ayala, R.[2]; Etchevers-Barra, J. D.[3]; Aldrete, A.[4]

[1*, 3]Edafología y [4]Forestal. Profesores Investigadores del Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. [2]Ex-estudiante de M. C. del Colegio de Postgraduados, Investigador del C. E. San Luis.

*Víctor Manuel Ordaz Chaparro: ordaz@colpos.mx; Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco Edo. de México. C. P. 56230.

Resumen
La producción de plantas forestales en el vivero requiere de un adecuado aporte nutrimental y los fertilizantes de liberación controlada son una alternativa para este propósito. El objetivo de la presente propuesta fue evaluar el desarrollo de planta de cedro rojo en vivero con dos fertilizantes de liberación controlada. Las plantas fueron cultivadas por cuatro meses en el sustrato compuesto por tezontle, aserrín y lombricompost (1:2:1), en el cual se agregaron Osmocote y Multicote con tres dosis (3, 5 y 7 g L^{-1}). El diseño experimental fue completamente al azar. En la planta fueron analizadas: la altura, el diámetro de tallo y el peso seco de planta (follaje y raíz). Solo hubo diferencia significativa por efecto del fertilizante en la altura y el diámetro, y en ambas variables la respuesta fue mayor con el Osmocote que con el Multicote . Las plántulas tuvieron mayor incremento en las variables con las dosis intermedia y alta de ambos. Los fertilizantes no provocaron diferencias en la morfología de la planta cuando fueron tratadas con las dosis equivalentes de los fertilizantes, sin embargo, se observaron cambios en la distribución de la biomasa aérea y radical. El efecto de ambos fertilizantes en la planta fue similar, pero es importante evaluar dosis inferiores para finalizar con planta de menor tamaño.

Palabras clave
Cedrela odorata; Osmocote; Multicote

Introducción
El alto costo de los fertilizantes y el impacto en el ambiente ha motivado el interés de diseñar nuevos productos que logren mayor eficiencia en el cultivo (Castro *et al*., 2006; Trenkel, 2010). Hasse *et al*. (2007) menciona que el uso de fertilizantes de liberación controlada (FLC) para intensificar la producción de planta forestal en el vivero, va en aumento. Existen varios tipos de FLC en el mercado, diferentes tanto en la formulación como en la dinámica de liberación nutrimental (Oliet *et al*., 2004), por lo tanto, el comportamiento es variable según el producto y depende de los niveles de humedad del suelo, la temperatura y/o la actividad microbiológica (Rose *et al*., 2004). La fertilización con los FLC puede conducir a la mejora del aporte nutrimental tanto en el crecimiento como en la calidad de plántula forestal (Oliet *et al*., 2004; Baligar y Fageria, 2015), pero cada especie responde de manera diferente a la adición de nutrimentos y por lo tanto, es necesario investigar la respuesta a estos materiales antes de realizar aplicaciones a escalas mayores (Bustos *et al.*, 2008; Villar, 2003). Reddell

et al. (1999) evaluaron el comportamiento de plántulas de *Gmelina arbórea* Roxb. con Nutricote 16-4.4-8.3 y de *Acacia mangium* Willd. con Macrocote 12-4.6-10. Walker (1999) experimentó en planta a raíz desnuda de *Pinus jeffreyi* Grev. & Balf. con Sierra 16-6-10, High N 24-4-7 y Osmocote 17-7-12. Oliet *et al*. (2004) trabajó con plántulas de *Pinus halepensis* Mill. fertilizadas con dos tipos de Osmocote (9-13-18 y 17-10-10). Por otro lado, Bustos *et al*. (2008) evaluaron el desarrollo de *Eucryphia cordifolia* Cav., *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst. *y Nothofagus nervosa* (Mirb.) Oerst. con Osmocote 18-6-12. Hasta ahora, las experiencias de fertilización en otras especies, en este caso *Cedrela odorata* L., se limitan a las prácticas habituales en vivero (Bustos *et al*., 2008; Rueda *et al*., 2012; Rueda *et al*., 2014), y en algunos casos, sin la aplicación de fertilizante (Mexal *et al*., 2002). Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el desarrollo de cedro rojo en vivero con dos tipos de fertilizantes de liberación controlada.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en la comunidad de Zacamitla, municipio de Ixhuatlán del Café, Veracruz, (latitud 19° 03' 05'' Norte, longitud 96° 58' 16'' Oeste, elevación de 1180 msnm). El experimento se estableció en el mes de mayo de 2013 en condiciones de vivero. La semilla de cedro rojo se colectó en el Campo Experimental El Palmar del INIFAP y fue sembrada en bolsas de polietileno calibre 400 con capacidad de 1 L. El medio de cultivo utilizado fue la mezcla de tezontle, aserrín y lombricompost en relación de 1:2:1 (v/v). Por litro de sustrato, se homogeneizaron dosis de 3, 5 y 7 g de los siguientes FLC: a) Osmocote Plus 4-5 15-9-12 (O. M. Scotts Co.) y b) Multicote 4 18-6-12 (Haifa Chemicals Itd.). El Osmocote posee un fertilizante central soluble, cubierto por un copolímero termosensible de diclopentadieno y un éster-glicerol en un solvente alifático de hidrocarbono. El Multicote está recubierto por poliuretano y es menos reactivo a temperaturas extremas, porque la capa se mantiene rígida, intacta y no se expande; la liberación ocurre por difusión osmótica y se encuentra controlada por el grosor de la capa que cubre al fertilizante. Ambos productos tienen una tasa de duración en meses (como lo indica en su nombre) a temperatura constante de 21 °C. Los seis tratamientos se constituyeron por cinco repeticiones (bandejas de 16 plantas) instaladas en el vivero de acuerdo al modelo completamente al azar. A los 4 meses de establecidas se tomó una muestra de 10 plantas por repetición para el análisis destructivo. En ellas se midió la altura de planta (AP), el diámetro de tallo (DT) y el peso seco total de planta (PSP), de la parte aérea (PSA) y de la raíz (PSR). El análisis de varianza para todos los datos se realizó con el diseño completamente al azar en arreglo factorial jerárquico (formulaciones anidadas en los fertilizantes) (Kuehl, 2001) y se utilizó la instrucción PROC ANOVA del paquete Statiscal Analysis System 9.0 (SAS Institute, 2002). Para la normalización de los datos y homogeneización de las varianzas de PSP, PSA y PSR se aplicaron transformaciones raíz cuadrada y logarítmica natural. Cuando se observaron diferencias estadísticas, se aplicaron las pruebas de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) para los tratamientos y del efecto principal de fertilizante, asimismo, para cotejar los niveles de fertilizante de manera individual y las dosis equivalentes de ambos materiales se emplearon contrastes ortogonales.

Resultados y Discusión

En las figuras 1 y 2 se muestra el efecto de las dosis de fertilizante en el crecimiento promedio en altura y diámetro (1A y 1B), así también las variables peso seco total planta, aéreo y de raíz (2A, 2B y 2C, respectivamente) de las plantas de cedro rojo en vivero. Las dosis partieron de 3 a 7 g L^{-1} con el Osmocote Plus y el Multicote .

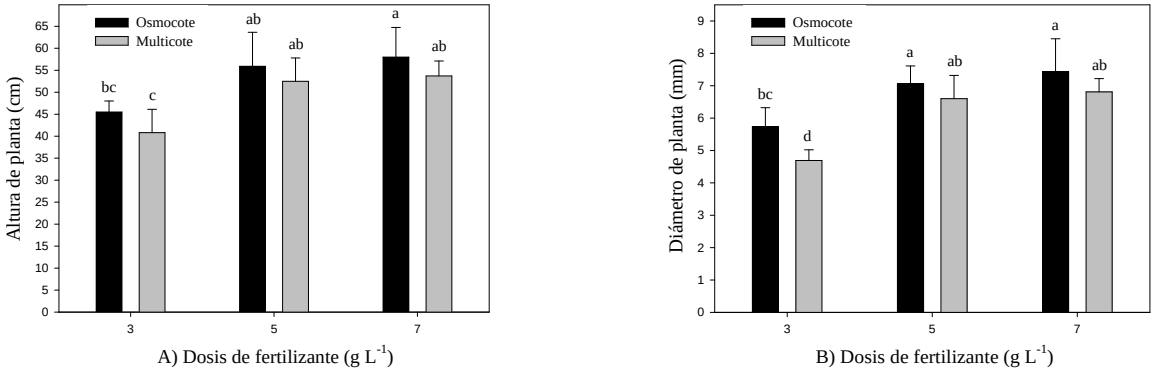


Figura 1. Efecto de las dosis de fertilizante sobre la altura (A) y diámetro (B) del cedro rojo en vivero. Las medias con distinta letra son diferentes estadísticamente. La comparación fue entre los pares de dosis (contrastes) y como tratamientos (Tukey P ≤ 0.05).

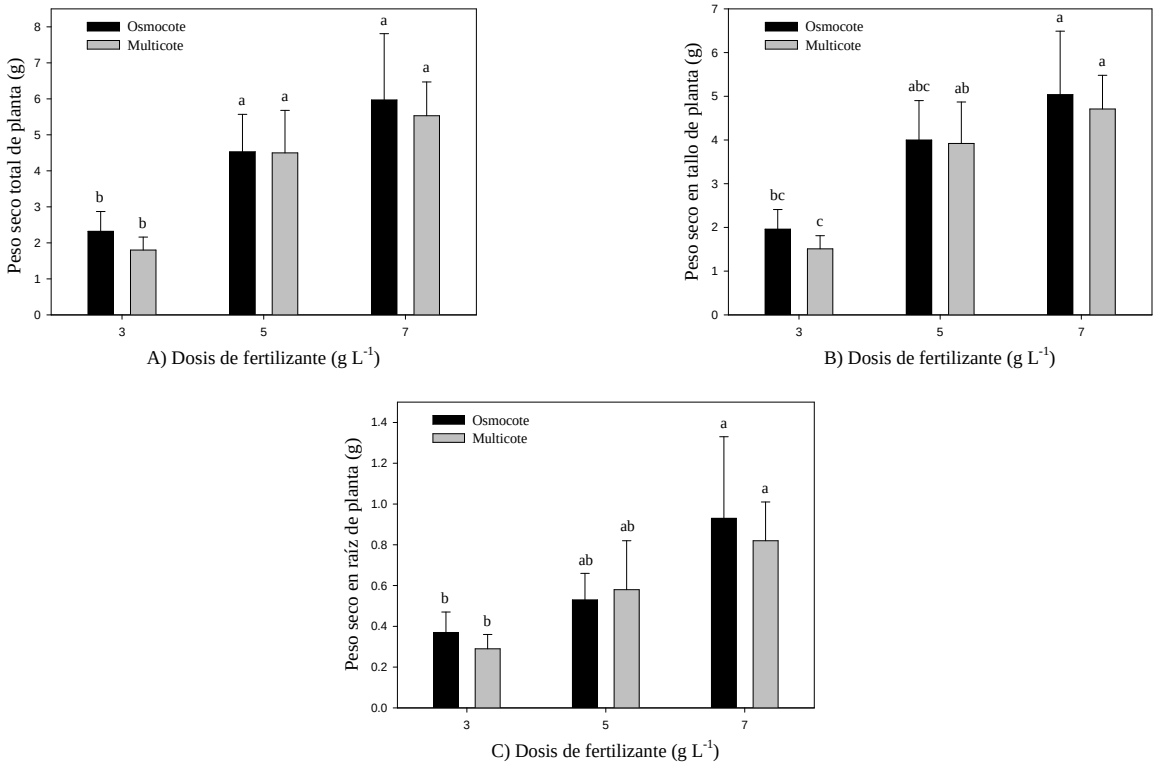


Figura 2. Efecto de las dosis de fertilizantes en la distribución de biomasa total (A), aérea (B) y radical (C) del cedro rojo en vivero. Las medias con distinta letra son diferentes estadísticamente. La comparación fue entre los pares de dosis (contrastes) y como tratamientos (Tukey P ≤ 0.05).

La fuente de fertilizante provocó diferencia significativa en la altura y el diámetro de planta (*P = 0.0491* y *0.0053*), pero no en las variables de distribución de biomasa. La respuesta promedio en la altura y el diámetro con el Osmocote Plus fue de 53.1 cm y 6.7 mm contra 49.0 cm y 6.0 mm con el Multicote , respectivamente.

Se encontró diferencia estadística por efecto del tratamiento y entre las dosis por fertilizante para todas las variables. Los tratamientos sometidos a niveles intermedios y altos de fertilización de ambos materiales fueron estadísticamente iguales entre ellos, pero diferentes a las dosis de 3 g L^{-1} en la respuesta de las variables evaluadas (Figura 1 y 2).

Entre dosis iguales de Osmocote Plus y el Multicote no se observaron diferencias estadísticas en AP y las variables de distribución de biomasa de la planta (PSP, PSA y PSR), excepto en DT, que tuvo mayor respuesta a la dosis de 3 g L^{-1} de Osmocote Plus (Figura 1B).

La dosis de 5 g de Osmocote Plus y Multicote en relación a la dosis de 3 g mostraron incremento en AP de 23 y 28% (Figura 1A); en DT de 23 y 40% (Figura 1B); en PSP de 104 y 159 % (Figura 2A); en PSA de 95 y 150% (Figura 2B); y en PSR de 45 y 99% (Figura 2C), respectivamente.

Las plantas en general presentaron un crecimiento reducido y menor acumulación de la biomasa con la dosis más baja de fertilizantes y coincide con lo reportado para otras especies forestales (Bustos *et al.*, 2008; Jacobs *et al*., 2005; Navarro *et al*., 2013).

En las plantas tratadas con 7 g L^{-1}, el incremento en AP y DT en relación a las dosis intermedias, fue mínimo (Figura 1), pero fue mayor en PSP de 32 y 23 %, PSA de 26 y 20 % y el PSR de 75 y 40%, respectivamente (Figura 2). El Multicote provocó mayor respuesta en todas las variables al aumentar la dosis de 3 a 5 g L^{-1}. Sin embargo, cuando la dosis aplicada fue 7 g se observó mayor incremento en las variables de respuesta con el aumento de Osmocote Plus . Navarro *et al*. (2013) obtuvieron mayor crecimiento en las plantas de A*bies religiosa* con las dosis altas e intermedias de la fertilización.

Conclusiones

El fertilizante Osmocote fue el de mayor efecto para generar incrementos en altura y el diámetro de planta. Todas las variables morfológicas presentaron incremento con la dosis intermedia y alta de ambos fertilizantes, sin embargo, no hubo diferencias entre las dosis equivalentes. Los niveles de fertilización afectaron la distribución de biomasa en la parte aérea y radical, que a su vez alteraron la relación del peso seco aéreo y el radical. Las variables fueron elevadas en todas las dosis, por lo cual es importante evaluar niveles de fertilizantes más bajos con contenedores pequeños.

Referencias

Baligar C., V. and N. Fageria K. 2015. Nutrient use efficiency in plants: an overwiev. *In*: Nutrient use efficiency: from basics to advances. Rakshit A., Bahadur Sing H. and Sen A. (ed.). Springer. New Delhi, India. Pp. 1-16.

Bustos, F., M. E. González, P. Donoso, V. Gerding, C. Donoso y B. Escobar. 2008. Efectos de distintas dosis de fertilizante de liberación controlada (Osmocote) en el desarrollo de plantas de coigüe, raulí y ulmo. Bosque 29: 155-161.

Castro L., I., F. Gavi R., J. J. Peña C., R. Núñez E. y J. D. Etchevers B. 2006. Eficiencia de recuperación de N y K de tres fertilizantes de lenta liberación. Terra Latinoamericana 24: 277-282.

Hasse, L. D., P. Alzugaray, R. Rose and D. F. Jacobs. 2007. Nutrient-release rates of controlled-release fertilizers in forest soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis 38: 739- 750.

Jacobs, D. F., K. F. Salifu and J. R. Seifer. 2005. Growth and nutritional response of hardwood seedlings to controlled-release fertilization at outplanting. Forest Ecology and Management 214: 28-39.

Kuehl, O. R. 2001. Diseño de experimentos. Thompson Learning. Segunda edición. México, D. F. 666 p.

Mexal, J. G., R. A. Cuevas R., P. Negreros-Castillo and C. Paraguirre L. 2002. Nursery production practices affect survival and growth of tropical hardwoods in Quintana Roo, México. Forest Ecology and Management 168: 125-133.

Navarro S., J. L., J. J. Vargas H., A. Gómez G., L. de M. Ruiz P. y P. Sánchez G. 2013. Morfología, biomasa y contenido nutrimental en *Abies religiosa* con regímenes diferentes de fertilización en vivero. Agrociencia 47: 707-721.

Oliet, J., R. Planelles, M. L. Segura, F. Artero and D. F. Jacobs. 2004. Mineral nutrition and growth of containerized *Pinus halepensis* seedlings under controlled-release fertilizer. Scientia Hoticulturae 103: 113-129.

Reddell, P., M. J. Webb, D. Poa and D. Aihuna. 1999. Incorporation of slow-release fertilisers into nursery media. New Forests 18: 277-287.

Rose, R., D. L. Haase y E. Arellano. 2004. Fertilizantes de entrega controlada: potencial para mejorar la productividad de la reforestación. Bosque 25: 89-100.

Rueda S., A., J. de D. Benavides S., J. Á. Prieto R., J. T. Sáenz R., G. Orozco G. y A. Molina C. 2012. Calidad de planta producida en los viveros forestales de Jalisco. Rev. Mex. Cien. For. 3: 69-82.

Rueda S., A., J. de D. Benavides S., J. T. Sáenz R., H. J. Muñoz F., J. Á. Prieto R. y G. Orozco G. 2014. Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. Rev. Mex. Cien. For. 5: 58-73.

SAS Institute. 2002. Statiscal Analysis System. User's guide Statistics. Version 9.0. Cary, NC. USA. 595 p.

Trenkel M., E. 2010. Slow and controlled release and stabilized fertilizers: an option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture. International Fertilizer Industry Association (IFA). Paris, Francia. 160 p.

Villar S., P. 2003. Importancia de la calidad de planta en los proyectos de revegetación. *In:* Restauración de ecosistemas mediterráneos. Rey-Benayas J. M., Espigares Pinilla T. y Nicolau Ibarra J. M. (ed.). Asociación Española de Ecología Terrestre. Guadalajara, España. pp. 66-80.

Walker, R. F. 1999. Artificial regeneration of *Jeffrey pine* in the Sierra Nevada. Journal of Sustainable Forestry 9 (3-4): 23-28.

TASAS DE LIBERACIÓN NUTRIMENTAL DE FERTILIZANTES DE ENTREGA CONTROLADA EN UN SUSTRATO ALTERNATIVO PARA VIVERO FORESTAL

Ordaz-Chaparro, V.M.[1*]; Ávila-Ayala, R.[2]; Etchevers-Barra, J.D.[3]; Aldrete, A.[4]

[1*, 3]Edafología y [4]Forestal. Profesores Investigadores del Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México. [2]Ex-estudiante de M. C. del Colegio de Postgraduados, Investigador del C. E. San Luis.

*Víctor Manuel Ordaz Chaparro: ordaz@colpos.mx; Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco Edo de México. C. P. 56230.

Resumen

El fertilizante es la fuente fundamental de nutrimentos en sustratos artificiales con características físicas y químicas adecuadas para el soporte de plantas. Los fertilizantes de liberación controlada representan una buena alternativa para la producción de plantas forestales. El objetivo de la presente propuesta fue evaluar el comportamiento de NPK en dos tipos de fertilizantes de liberación controlada. El sustrato utilizado fue la mezcla de tezontle, aserrín y lombricompost en relación de 1:2:1 (v/v) en el cual se agregaron Osmocote y Multicote con tres dosis (3, 5 y 7 g L^{-1}). El diseño experimental fue completamente al azar. Los seis tratamientos se constituyeron por dos repeticiones en los que se simuló riego a la planta de cedro rojo (sin la presencia de ésta) para obtener semanalmente los lixiviados de nitrógeno, fósforo y potasio. El comportamiento de NPK se modeló con ecuaciones de regresión del transcurso en días (d) de los tratamientos, y se eligieron las regresiones que tuvieron el CME cercano a cero y el R^2 alto. En el Multicote se recuperó alrededor de 28% de la cantidad del N total y en el Osmocote Plus 22%. La recuperación del P en el Osmocote Plus fue de 108, 67 y 53% y; para el Multicote se recuperó 158, 75 y 50% en las dosis de 3, 5 y 7 g L^{-1}, respectivamente. La recuperación de este nutrimento en ambos fertilizantes osciló entre 300 a 200%. Estos resultados pueden relacionarse con la cantidad retenida en el sustrato y predecir el suministro que llevarán las plantas al campo. Asimismo, modificar las dosis de fertilización principalmente en función de la recuperación de fósforo y potasio, que fueron los de mayor descarga en el sustrato.

Palabras clave

Osmocote; Multicote; recuperación nutrimental

Introducción

El empleo generalizado de sustratos artificiales, pobres en contenido nutritivo, pero adecuados por sus características físicas y químicas, hace que el aporte fertilizante sea la fuente fundamental de nutrimentos, lo cual permite controlar adecuadamente la disponibilidad de elementos minerales para la planta (Oliet *et al*., 1999). El alto costo de los fertilizantes y el impacto en el ambiente ha motivado el interés de diseñar nuevos productos que logren mayor eficiencia en el cultivo (Castro *et al*., 2006; Trenkel, 2010). La aplicación de fertilizantes de liberación controlada (FLC) representa una buena alternativa bajo ciertas condiciones (Oliet *et al*., 2004). Estos fertilizantes están compuestos por un concentrado soluble de nutrimento, cubiertos por una capa insoluble al agua, pero con cierta permeabilidad. Existen varios tipos de FLC en el mercado, diferentes tanto en la formulación como en la dinámica de liberación nutrimental (Oliet *et al*., 2004; Jacobs *et al*., 2005), por lo tanto, el

comportamiento es variable según el producto y depende de los niveles de humedad del suelo, la temperatura y/o la actividad microbiológica (Rose *et al*., 2004). La duración en la liberación de nutrimentos de FLC adaptados a la industria forestal ha sido extendida a periodos de 16 a 24 meses, que asegura el suministro durante la etapa de vivero (Benson, 1997) y la posibilidad que los nutrientes continuarán liberándose en el trasplante (Reddell *et al*., 1999). Consecuentemente, los FLC poseen un ámbito potencial de aplicación en la producción de planta forestal como una forma de suministro de nutrientes de bajo costo, simple, para viveros poco tecnificados, pero que permite al mismo tiempo un relativo dominio de los aportes realizados a la planta durante el cultivo (Oliet *et al*., 1999).

La fertilización con los FLC puede conducir a la mejora del aporte nutrimental tanto en el crecimiento como en la calidad de plántula forestal (Oliet *et al*., 2004; Baligar y Fageria, 2015), pero se desconoce la manera en que ocurre la liberación de nutrimentos debido al medio de cultivo que puede influenciar en las dosis de aplicación de estos materiales (Broschat, 2005). Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento de NPK en dos tipos de fertilizantes de liberación controlada.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en la comunidad de Zacamitla, municipio de Ixhuatlán del Café, Veracruz, (latitud 19° 03' 05'' Norte, longitud 96° 58' 16'' Oeste, elevación de 1180 msnm). El experimento se estableció en el mes de mayo de 2013 en condiciones de vivero. El medio de cultivo utilizado fue la mezcla de tezontle, aserrín y lombricompost en relación de 1:2:1 (v/v) y se colocó en contenedores de PVC de 1 L. En el sustrato se homogeneizaron dosis de 3, 5 y 7 g de los siguientes FLC: a) Osmocote Plus 4-5 15-9-12 (O. M. Scotts Co.) y b) Multicote 4 18-6-12 (Haifa Chemicals ltd.). El Osmocote posee un fertilizante central soluble, cubierto por un copolímero termosensible de diclopentadieno y un éster-glicerol en un solvente alifático de hidrocarbono. El Multicote está recubierto por poliuretano y es menos reactivo a temperaturas extremas, porque la capa se mantiene rígida, intacta y no se expande; la liberación ocurre por difusión osmótica y se encuentra controlada por el grosor de la capa que cubre al fertilizante. Ambos productos tienen una tasa de duración en meses (como lo indica en su nombre) a temperatura constante de 21°C.

Los seis tratamientos se constituyeron por dos repeticiones en los que se simuló riego a la planta de cedro rojo (sin la presencia de ésta) en vivero por un periodo de 169 días. Por semana se aplicó 1 L de agua como extractante y la solución drenada se capturó en frascos conectados a los recipientes con la mezcla. Del lixiviado semanal se tomó una muestra de 100 mL para su respectivo análisis en laboratorio de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) presentes en agua. El comportamiento de NPK se modeló con ecuaciones de regresión del transcurso en días (d) de los tratamientos, y se eligieron las regresiones que tuvieron el cuadrado medio del error cercano a cero (CME) y el coeficiente de determinación alto (R^2). Para el análisis estadístico se utilizó la instrucción PROC REG del paquete Statiscal Analysis System 9.0 (SAS Institute, 2002).

Resultados y Discusión

En la Figura 1 se muestra el comportamiento de N en las dosis de 3, 5 y 7 g L^{-1} del Osmocote Plus y Multicote .

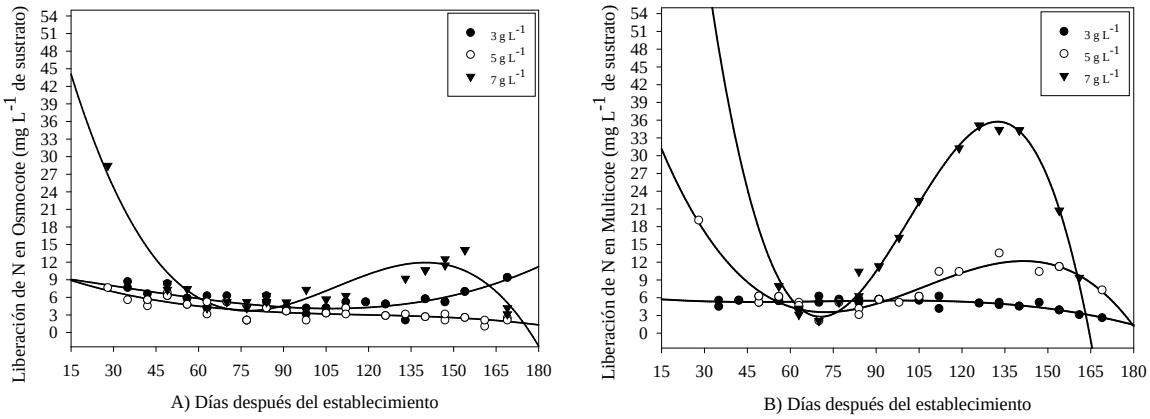


Figura 1. Tasas de liberación nutrimental de N en el Osmocote Plus y el Multicote durante 170 días en condiciones de vivero forestal.

En el Multicote se recuperó alrededor de 28% de la cantidad del N total y en el Osmocote Plus 22% en promedio. En la curva de liberación de ambos fertilizantes se observó una alta descarga inicial de N (burst) seguida de la disminución en la cantidad liberada de este nutrimento (tailing effect), fenómeno reportado por Shaviv (1996) y Raban *et al*., 1997. Este proceso se mantiene entre los 60 a 90 días después de la aplicación (DDA), debido probablemente a la inmovilización y posterior mineralización del N por la biomasa microbiana.

En la Figura 2 se muestra el comportamiento de P en las dosis de 3, 5 y 7 g L^{-1} del Osmocote Plus y Multicote .

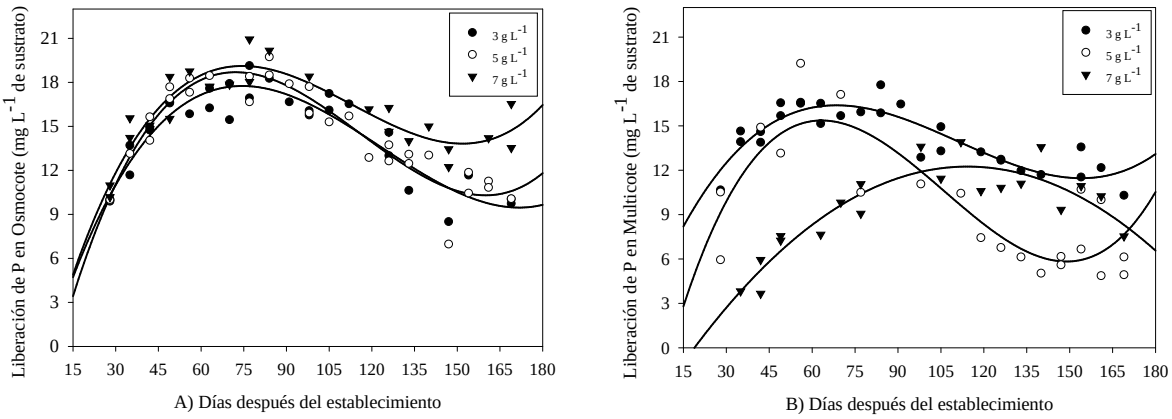


Figura 2. Tasas de liberación nutrimental de P en el Osmocote Plus y el Multicote durante 170 días en condiciones de vivero forestal.

El proceso de liberación del P es inverso al N (Figura 2), ya que subió lentamente hasta los 60 DDA y se mantuvo constante hasta los 90 DDA, donde descendió de manera progresiva hasta los 150 DDA. La recuperación del P fue variable en todas las dosis, por ejemplo, en el Osmocote Plus fue de 108, 67 y 53% y; para el Multicote se recuperó 158, 75 y 50% en las dosis de 3, 5 y 7 g L^{-1}, respectivamente. Havlin *et al*., 1999 reportaron que el valor de la relación C/P juega un papel importante en la mineralización e inmovilización del fósforo en la materia orgánica.

En la Figura 1 se muestra el comportamiento de K en las dosis de 3, 5 y 7 g L^{-1} del Osmocote Plus y Multicote .

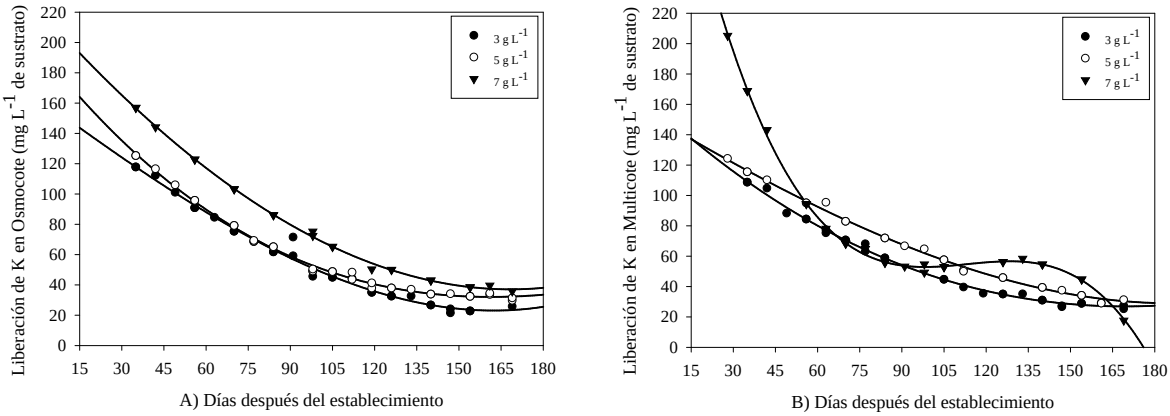


Figura 3. Tasas de liberación nutrimental de K en el Osmocote Plus y el Multicote durante 170 días en condiciones de vivero forestal.

La concentración equivalente del K tanto en Osmocote Plus como en Multicote se vio reflejada en similar comportamiento, en ambos casos a la baja de forma lineal hasta los 135 DDA. La recuperación de este nutrimento osciló entre 300 a 200%. El origen de la vermicomposta fue la causante de este comportamiento, algunos materiales tienen alto contenido de K, como es el caso de la cachaza, ingrediente presente en el sustrato alternativo (Pérez, *et al*., 2011). Asimismo, al no constituir un elemento estructural de la materia orgánica, su liberación en el sustrato es constante.

Conclusiones

Los fertilizantes son influenciados por el medio de cultivo en los procesos de inmovilización y mineralización. Independiente de la fuente, el comportamiento de ambos materiales es similar y las tasas de liberación se relacionan con la concentración de cada fertilizante. El nutrimento mayormente inmovilizado fue el nitrógeno, seguido del fósforo. En el caso del potasio, la recuperación fue mayor a la cantidad aplicada. Estos resultados pueden relacionarse con la cantidad retenida en el sustrato y predecir el suministro que llevarán las plantas al campo. Asimismo, modificar las dosis de fertilización en función de la recuperación de fósforo y potasio, que fueron los de mayor descarga.

Referencias

Baligar C., V. and N. Fageria K. 2015. Nutrient use efficiency in plants: an overwiev. *In*: Nutrient use efficiency: from basics to advances. Rakshit A., Bahadur Sing H. and Sen A. (ed.). Springer. New Delhi, India. Pp. 1-16.

Benson, R. R. 1997. Fertilizer technology. In: Hasse, D. L., Rose, R. (Eds.), Proceedings of the symposium on forest seedling nutrition from the nursery to the field technology cooperative, Oregon state University. Pp. 5-9.

Broschat, T. K. 2005. Rates of ammonium-nitrogen, nitrate-nitrogen, phosphorus, and potassium from two controlled-release fertilizers under different substrate environments. HortTechnology 15: 332-335.

Castro L., I., F. Gavi R., J. J. Peña C., R. Núñez E. y J. D. Etchevers B. 2006. Eficiencia de recuperación de N y K de tres fertilizantes de lenta liberación. Terra Latinoamericana 24: 277-282.

Havlin, J. L., J. D. Beaton, S. L. Tisdale and W. L. Nelson. 1999. Soil fertility and fertilizers. Sexta edición. Prentice Hall. 499 p.

Jacobs, D. F., K. F. Salifu and J. R. Seifer. 2005. Growth and nutritional response of hardwood seedlings to controlled-release fertilization at outplanting. Forest Ecology and Management 214: 28-39.

Oliet, J., M. L. Segura, F. Martin D., E. Blanco, R. Serrada, M. López A. y F. Artero. 1999. Los fertilizantes de liberación

controlada lenta aplicados a la producción de planta forestal de vivero. Efecto de dosis y formulaciones sobre la calidad de *Pinus halepensis* mil. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 8: 207-228.

Oliet, J., R. Planelles, M. L. Segura, F. Artero and D. F. Jacobs. 2004. Mineral nutrition and growth of containerized *Pinus halepensis* seedlings under controlled-release fertilizer. Scientia Hoticulturae 103: 113-129.

Pérez M., M. A., R. Sánchez H., D. J. Palma L. y S. Salgado G. 2011. Caracterización química del compostaje de residuos de caña en el Sureste de México. Interciencia 36: 45-52.

Reddell, P., M. J. Webb, D. Poa and D. Aihuna. 1999. Incorporation of slow-release fertilisers into nursery media. New Forests 18: 277-287.

Raban, S., E. Zeidel and A. Shaviv. 1997. Release mechanisms controlled reléase fertilisers in practical use. In: Mortwedt J. J. and A. Shaviv (Eds.), Third Int. Dahlia Greidinger sym. On fertilisation and the environment.Technion Haifa. Pp. 287-295.

Rose, R., D. L. Haase y E. Arellano. 2004. Fertilizantes de entrega controlada: potencial para mejorar la productividad de la reforestación. Bosque 25: 89-100.

SAS Institute. 2002. Statiscal Analysis System. User's guide Statistics. Version 9.0. Cary, NC. USA. 595 p.

Shaviv, A. 1996. Planta response and environmental aspects as affected by rate and pattern of nitrogen release from controlled release N fertilisers. In: Van Clempt (Eds.), Progress in nitrogen cycling studies. Kluwer academ Pub. The Netherlands. Pp. 285-291.

Trenkel M., E. 2010. Slow and controlled release and stabilized fertilizers: an option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture. International Fertilizer Industry Association (IFA). Paris, Francia. 160 p.

EFECTO DEL FÓSFORO EXÓGENO EN EL PORCENTAJE DE COLONIZACIÓN MICORRÍZICA EN RAÍCES DE PLANTAS DE CHILE JALAPEÑO.

Osuna-Ávila, P.[1*]; Aguilar-Galván, K.G.[1]; Grimaldo-Pantoja, L.[1]; Corral-Díaz, B.[1], Flores-Margez, J.P.[1]

[1] Universidad Autónoma de Cd. Juárez, Chih. México.

*Autor responsable: posuna@uacj.mx; Calle Plutarco Elías Calles Núm. 12310, Col. FOVISSSTE, Cd. Juárez, Chih. México. CP 31800; Tel. +52(656)-308-0153

Resumen
El cultivo de chile jalapeño es una importante fuente de alimento y empleo tanto en México como en el estado de Chihuahua. Los altos requerimientos de fertilizantes elevan los costos de producción. El uso de las micorrizas podría ser una alternativa para cumplir los requerimientos de fósforo en el chile jalapeño a menor costo. Se evaluó la respuesta de tres consorcios de micorrizas aislados del desierto Chihuahuense a diferentes concentraciones de fósforo exógeno en condiciones de invernadero. El chile jalapeño var. "M" fue susceptible a los tres consorcios micorrízicos en los tratamientos de fósforo exógeno ensayados en condiciones de invernadero. La función de las micorrizas y la formación de arbúsculos no fue inhibida en los tratamientos donde se colocó mayor concentración de fósforo exógeno (consorcio M2 con 44 mg/L de fósforo exógeno). Los consorcios sin el suplemento del fósforo exógeno, fueron afectados en el porcentaje de arbúsculos, especialmente en el consorcio M1-0. En contraste, los controles con o sin fósforo y los de fertilización completa obtuvieron el menor porcentaje de arbúsculos (10%).

Palabras clave
Micorriza arbuscular; Desierto chihuahuense; hongos benéficos

Introducción
El cultivo de chile en México es una importante fuente de empleo para gran parte del país. En el estado de Chihuahua es el cultivo que más impacta, por el espacio que destina a sus cultivos y por los más de 928 millones de pesos que ha llegado a aportar a la economía estatal (Lujan y Chaves, 2003). Dentro de la gran variedad de tipos de chile que se cultivan en México, el jalapeño es uno de los de mayor importancia a nivel socioeconómico por su amplio consumo, alta mano de obra y ganancias económicas al ser exportados a otros países. Los requerimientos nutricionales para el adecuado desarrollo de estas plantas son muy amplios. Una forma de que la planta los adquiera además de un buen suelo, es la asociación de la raíz con un hongo, llamado micorriza (Montero *et al*., 2010). En esta asociación, la planta le proporciona al hongo carbohidratos que son producto de su fotosíntesis y un micro hábitat para completar su ciclo de vida. El hongo, a su vez, le permite a la planta una mayor captación de agua y nutrimentos minerales que se encuentran con baja disponibilidad en el suelo, como es el esencialmente fósforo. La micorriza, también le proporciona defensas contra patógenos de esta manera ambos: hongo y planta se benefician mutuamente (Robles-Yerena *et al*., 2010). Las micorrizas arbusculares son las que se encuentran más distribuidas en la naturaleza y son las que se asocian a las plantas de interés agrícola. Más del 80% de estas plantas presentan esta simbiosis donde

desarrollan estructuras características de la simbiosis como lo son los arbúsculos y las vesículas, así como la presencia de un micelio extrarradical que interacciona con el ecosistema de la rizósfera (Hernández *et al*., 2003, Hata *et al*., 2010). El principal papel de esta asociación, es proveer las cantidades necesarias de fósforo a la planta debido a que este elemento es extremadamente inmóvil en el suelo. El fósforo es de gran importancia para la planta ya que es uno de los 17 nutrientes indispensables para su desarrollo. Sus funciones no pueden ser realizadas por ningún otro nutriente, gracias a este, la planta realiza numerosas reacciones químicas que le permiten sobrevivir. Se ha encontrado que la fertilización con fósforo a altos niveles baja o inhibe la eficiencia de la micorriza en algunos cultivos (Ezawa *et al*. 2001). Hay evidencias de que las micorrizas pueden tener un mayor efecto cuando el fósforo se encuentra presente en su forma menos soluble (Brundrett, 1991). Nuestros resultados preliminares, han mostrado que algunas micorrizas comerciales no forman arbúsculos en chile jalapeño var. "M" (Grimaldo-Pantoja, 2012). No todas las micorrizas se asocian con las plantas de chiles. La pregunta de investigación seria si las micorrizas del desierto chihuahuense podrían formar arbúsculos en esta variedad de chile jalapeño. El propósito de este estudio fue evaluar tres consorcios de micorrizas aislados del desierto chihuahuense con suplementos de fósforo exógeno y cuantificar el porcentaje de colonización en las raíces de las plantas de chile jalapeño var. "M".

Materiales y Métodos

Tres consorcios de micorrizas fueron aislados del desierto Chihuahuense. Consorcio M1 aislado de la asociación de *Larrea tridentata/Opuntia* sp., Consorcio M2 de *Acacia* sp., y consorcio M3 de un pasto *Bouteloua* sp. Las micorrizas fueron multiplicadas con plantas trampa de trigo bajo condiciones de invernadero. Suelo y segmentos de raíces colonizados de trigo fueron colocados como parte del sustrato por maceta conteniendo las plántulas de chile jalapeño. Después de la inoculación con los 3 consorcios de micorrizas las plantas fueron regadas una vez a la semana con solución nutritiva Long Ashton modificada en cuanto a la concentración de fósforo (22 mg/L y 44 mg/L dependiendo del tratamiento). Los demás días fueron regadas todas con 500 mL o 1000 mL con agua de osmosis inversa de acuerdo a las necesidades de humedad de las plantas. Las muestras de raíces de las plantas de chile jalapeño, se tomaron a los 90 días después de la inoculación con los tres consorcios (M1, M2 y M3). Segmentos de raíces fueron disectadas al azar, se clarificaron y se tiñeron con azul de tripano durante 15 minutos a baño María a 35°C y fueron montadas en laminillas para su posterior observación al estereoscopio a 40X. El tipo de estereoscopio fue Nikon Eclipse Ni-U usando óptico DIC a diferentes magnificaciones, unido a una cámara digital tipo High resolución DS-F12-U3 y el software ProScan III. Se cuantificó el porcentaje de hifas, vesículas y arbúsculos por trozo de raíz (de 1 cm) por la fórmula propuesta por Trouvelot *et al.*, (1986).

Resultados y Discusión

El chile jalapeño fue colonizado por los tres consorcios de hongos micorrízicos arbusculares aislados del desierto Samalayuca, Chihuahua. A los 90 días después de la inoculación, se observaron estructuras de asociación como arbúsculos, vesículas e hifas intercelulares.

Los arbúsculos intracelulares en las raíces del chile jalapeño son las estructuras indicadoras de actividad micorrízica de los tratamientos estudiados. Una densa colonización de hifas no septadas en los espacios intercelulares a lo largo del córtex de las raíces del chile jalapeño var. " M" fueron observadas. Los arbúsculos fueron conectados a las hifas en forma intracelular y las vesículas también fueron frecuentemente observadas. Algunas hifas intercelulares tiñeron de azul y las hifas más cercanas a los arbúsculos fueron transparentes sin tinción, siendo difícil su observación (Figura 1). La colonización fue variable entre los consorcios en presencia de fósforo exógeno. Ezawa, *et al*., (2001) afirman que las fertilizaciones de fósforo podrían influir en la asociación micorrízica de la

raíz. Por ejemplo, menciona que la fertilización con fósforo a altos niveles baja o inhibe la eficiencia de la micorriza en algunos cultivos. En contraste con nuestro estudio la asociación en los tres consorcios con una concentración con 44mg/L de fósforo los porcentajes de colonización de arbúsculos fueron altos en comparación con los demás tratamientos. Covacevich *et al*., (2006) y Siddiqui *et al*., (2008) mencionan que el P disponible en el suelo se asocia negativamente con la formación de micorrizas.

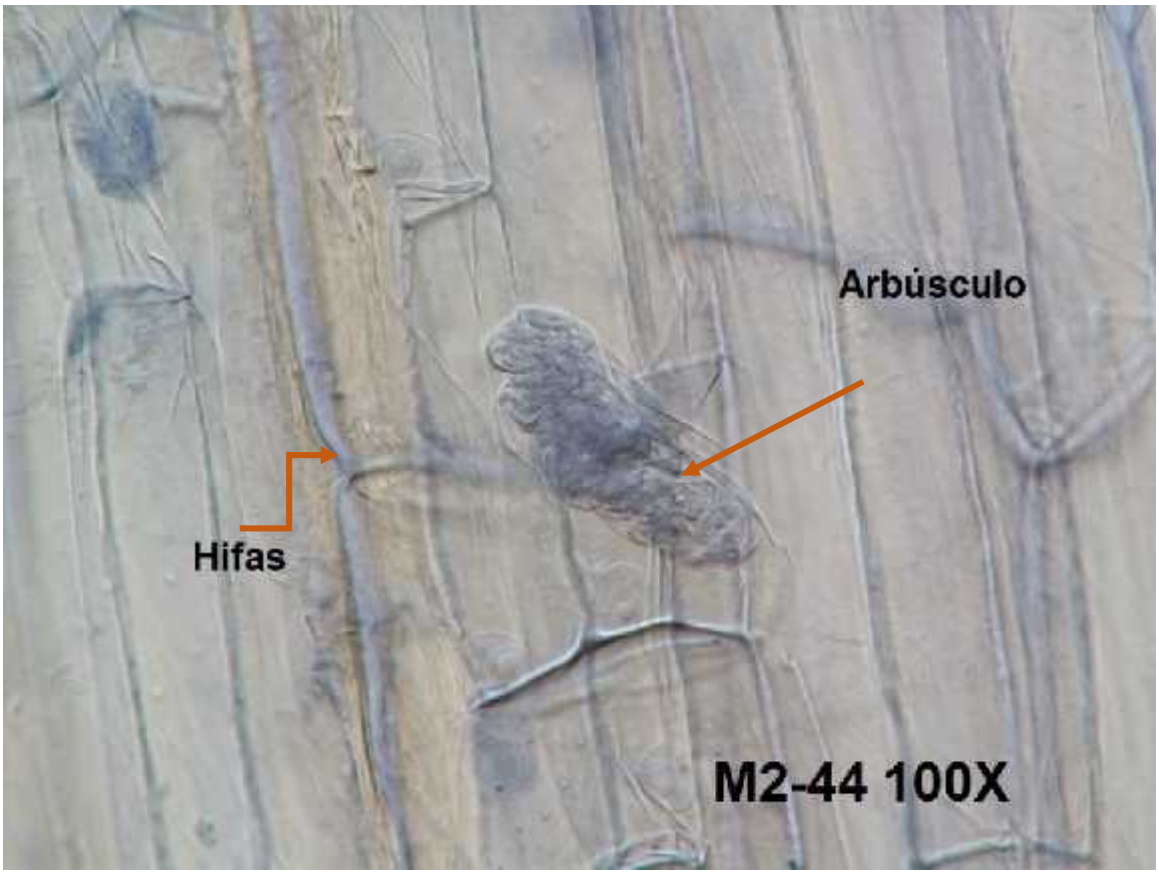


Figura 1. Raíces de chile jalapeño var. "M" mostrando colonización de hifas conectadas a estructuras de arbúsculos.

Sin embargo, Lobato, *et al*., (2010), *Covacevich et al, (*2012), mostraron que al analizar la actividad de las micorrizas indicaron que la relación entre el fósforo disponible y los parámetros de micorrización analizados presentaron una baja o nula significancia o bien aumentaba la proporción de arbúsculos (Tambascio *et al*., 2014). Aunque los tres consorcios en estudio fueron capaces de colonizar las raíces, el consorcio M2 con 44 mg/L de fósforo exógeno mostró el mayor porcentaje de presencia de arbúsculos con un 20% de colonización. La abundancia fue seguida por la concentración de 22 mg/L de fósforo en los consorcios estudiados. Los consorcios sin el suplemento del fósforo exógeno, fueron afectados en el porcentaje de arbúsculos, especialmente en el consorcio M1-0.

Cuadro 1. Porcentaje de estructuras arbusculares en raíces de chile jalapeño var. "M" a los 90 días después de la inoculación con los tres consorcios aislados del desierto chihuahuense.

En contraste, los controles con o sin fósforo y los de fertilización completa obtuvieron el menor porcentaje de arbúsculos (10%) (Cuadro 1). Estas estructuras, son la evidencia de la actividad micorrízica que se especializan en la transferencia de fósforo y otros minerales a las células de las raíces del chile jalapeño (datos no mostrados). Su presencia confirma que la variedad "M" es sensible a la colonización de los tres aislados de micorrizas del desierto chihuahuense. En contraste, nuestros trabajos preliminares, indicaron que las micorrizas comerciales aislados de bosques indujeron colonización solo de micelio sin estructuras arbusculares en este tipo de chile. Aislar micorrizas nativas propias de ecosistemas sin disturbios y aledaños a los campos de cultivo de chile en la región noroeste de Chihuahua, podría ser una fuente de bio-fertilizante amigable con el medio ambiente.

Conclusiones

El consorcio M2 con 44 mg/L de fósforo exógeno mostró el mayor porcentaje de presencia de arbúsculos con un 20% de colonización. Los consorcios sin el suplemento del fósforo exógeno, fueron afectados en el porcentaje de arbúsculos, especialmente en el consorcio M1-0. En contraste, los controles con o sin fósforo y los de fertilización completa obtuvieron el menor porcentaje de arbúsculos (10%).

Referencias

Brundrett, M.C. 1991. Mycorrhizas in natural ecosystems. In: A. Macfayden., M. Bego., A.H. Fitter (eds). Advances in ecological research. Vol. 21, London, UK. Academic Press. 171-313.

Covacevich, F., E. Echeverria-Hernandez and C.M. Pagano. 2012. Arbuscular mycorrhizal fungi essential belowground organisms for earth life but sensitive to a changing environment. African Journal of Microbiology research. 6(27); 5523-5535.

Covacevich, F., M.A. Marino and H.A. Echeverria. 2006. The phosphorus source determines the arbuscular mycorrhizal potential and native mycorrhizal colonization of Fescue and wheatgrass. European Journal of Soil Biology. 42(3): 127-138.

Ezawa, T., T.S. Smith and F.A. Smith. 2001. Differentiation of polyphosphate metabolism between the extra-and intraradical hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. New Pathologist. 149:555-563.

Grimaldo-Pantoja, G.L. 2012. *Glomus claroides*, como bio-fertilizante y agente de bio-control para evader el ataque a *Phytophthora capsici* en plantas de chile jalapeño. Tesis de Maestria. Universidad Autónoma de Cd Juárez, Chih. Mexico. 90 pp.

Hata, S., Y. Kobae and M. Banb. 2010. Chapter One: Interactions between plants and arbuscular mycorrhizal fungi. International Review of Cell and Molecular Biology. 281: 1-48.

Hernández, L., Castillo, S., Guadarrama, P., Martinez, Y., Romero, M. y Sanchez, I. 2003**.** Hongos micorrizógenos arbusculares del Pedregal de San Ángel. *Facultad de Ciencias, UNAM. México.* 7 (5)13-28.

Luján-Favela, M. U.N. Chávez-Sánchez. 2003. Arreglo topológico y su efecto en el crecimiento, desarrollo y producción de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Rev. Fitotec. Mex. 26(2): 81-87.

Lobato, M.C., F.P. Oliviera, es against different potato pathogens. Journal of plant diseases and protection. G.R. Daleo and A.B. Andreu. 2014. Antimicrobial activity of phosphites against different potato pathogens. Journal of Plant Diseases and Protection. 117(30): 102-109.

Montero, L., Duarte, C., Cun, R., Cabrera, J.A. y Gónzales, P.J. 2010. Efectividad de bio-fertilizantes micorrizicos en el rendimiento del pimiento (Capsicum annuum L. var. Verano 1) cultivado en diferentes condiciones de humedad del sustrato. *Cultivos tropicales.* 31 (3): 11-14.

Robles-Yerena, L., Rodríguez-Villarreal, R., Ortega-Amaro, M., Fraire-Velázquez, S, Simpson, J., Rodríguez-Guerra, L. y Jiménez-Bremont, J. **2010.** "Characterization of a new fungal antagonist of *Phytophthora capsici"*. Scientia Horticulturae. 03(16) 1-8.

Siddiqui, Z.A., M.S. Akhtar, and K. Futai (eds.). Mycorrhizae, Sustainable Agriculture and Forestry. Springer New Delhi. Pp. 359.

Smith, S.E, D.J. Read. 2008. Mycorrhizal symbiosis. New York. Elsevier. Pp.814.

Tambascio, C., F. Covacevich, M.C. Lobato, C. De Laso, D. Caldiz,G. Dosio and A. Andreu. 2014. The application of K phosphites to seed tubers enhanced emergence, early growth and mycorrhizal colonization in potato (*Solanum tuberosum*). American Journal of Plant Sciences. 5:132-137.

CALIDAD DE VERMICOMPOSTAS OBTENIDAS A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS DE LA REGIÓN DE LA CHONTALPA, TABASCO, MÉXICO

Palma-López, D.J.[1*]; Cámara-Reyna, J.[2]; Palma-Cancino, D.Y.[1]

[1]Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Cárdenas, Tabasco. México.
[2]Universidad Popular de la Chontalpa. Cárdenas, Tabasco. México.

*Autor responsable: dapalma@colpos.mx; Calle Castaño Núm. 314, Col. Los Reyes Loma Alta, Cárdenas, Tabasco. México. CP 86570; Tel. +52(937)-121-1689

Resumen
La vermicomposta es una alternativa viable para mejorar la estructura y cantidad de nutrientes del suelo. El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad nutrimental de diferentes tipos de vermicompostas, elaboradas con base en residuos de la agroindustria de caña de azúcar (cachaza y bagazo) mezclados con diferentes estiércoles (gallina, caballo, vaca y borrego). Los resultados muestran que conforme a los rangos establecidos por las normas mexicanas, que el pH y MO de las vermicompostas se encontraron en el rango aceptable de la NMX-FF-109-SCFI-2008, mientras que la CE y la Relación C/N de los tratamientos se encontraron por encima del rango aceptable y el N total de los tratamientos quedo por debajo de dicha norma. Los mejores tratamientos fueron a los que se les adicionaron estiércoles de borrego y de vaca.

Palabras clave
Lombriz de tierra; vivero; caña de azúcar.

Introducción
En el estado de Tabasco, el vermicompostaje tuvo su mayor influencia a finales de la década de los 90's; no se practica con fines comerciales y los residuos con los que más se ha practicado, han sido con los del cacao (cáscara, cascarilla, hojarasca, etc.), estiércoles (bovino) y los de caña de azúcar (bagazo, cachaza) (Sánchez Hernández *et al*., 2006, Cámara y Maldonado, 2013).

La vermicomposta tiene un efecto directo sobre el crecimiento de las plantas, y es un producto con gran potencial comercial, formada por una mezcla química de sustancias minerales compuestas por bajas cantidades de sales, que tienen una gran capacidad de intercambio iónico y aportan sustancias reguladoras del crecimiento de la planta (Olivares-Campos *et al*., 2012). Esta técnica permite reutilizar los residuos orgánicos para implementar mejoras en fertilidad. Por ello, el objetivo del presente trabajo es caracterizar la calidad de vermicompostas obtenidas con diferentes residuos agroindustriales.

Materiales y Métodos
El estudio se realizó en las instalaciones del Campo Experimental "Km 21" del Colegio de Postgraduados, Campus-Tabasco; se encuentra ubicado a 21 Km de la cabecera municipal de la ciudad de Cárdenas. El clima de la región es tropical húmedo, con temperatura media anual de 26.2°C.

La media anual de precipitación es de 2,240 mm, con 70% del total en verano y otoño. La humedad relativa media mensual es superior a 80%.

Residuos orgánicos utilizados

Los residuos orgánicos utilizados son característicos de la Región de la Chontalpa, los cuáles fueron cachaza y el bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), hojas de cocoíte (*Gliricidia sepium*), pasto Egipto (*Brachiaria mutica*), estiércol de gallina, estiércol de borrego, estiércol de vaca y estiércol de caballo. La mezcla de estos sustratos se presenta en el Cuadro 1.

Se realizó el proceso de vermicomposteo según la metodología utilizada por Cámara y Maldonado, 2013.

Cuadro 1. Tratamientos conformados por los diferentes residuos agroindustriales.

T	DOSIS	R
T1	Estiércol de caballo (1*) + cachaza (1) + bagazo (1/2) + hoja de cocoíte (1/2) y pasto (1/2)	3
T2	Estiércol de borrego (1) + cachaza (1)+ bagazo (1/2) + hoja de cocoíte (1/2) y pasto (1/2)	3
T3	Estiércol de gallina (1) + cachaza (1) + bagazo (1/2) + hoja de cocoíte(1/2) y pasto (1/2)	3
T4	Estiércol de vaca (1) + cachaza (1)+ bagazo (1/2) + hoja de cocoíte (1/2) y pasto (1/2)	3
T5	Estiércol de gallina (1), caballo (1), vaca (1), borrego (1) + cachaza (1) + bagazo (1/2) + hoja de cocoíte (1/2) y pasto (1/2)	3

Donde *= La unidad está referida al volumen de una cubeta de 19 litros con la idea de tener una referencia práctica.
T= Tratamientos y R= Repeticiones.

Calidad de las vermicompostas

Al término del proceso se realizó la caracterización fisicoquímica descrita en la norma mexicana oficial para las lombricomposta NMX-FF-109-SCFI-2008 humus de lombriz (lombricomposta) especificaciones y métodos de pruebas. Para determinar la calidad de las compostas obtenidas.

Resultados y Discusión

Potencial de hidrógeno (pH)

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza, se encontraron diferencias altamente significativas (Cuadro 2). En este caso solo el tratamiento T2, con estiércol de borrego, muestra una media (6.7) estadísticamente superior al resto de los tratamientos, los cuales tuvieron medias estadísticamente iguales. Cabe señalar que el tratamiento T2 es el que se acerca más a un pH neutro, lo cual indicaría una mejor vermicomposta. Los valores del pH en los cinco tratamientos oscilan en

6.27 y 6.70, son valores aceptables ya que conforme a la norma NMX-FF-109-SCFI-2008, se encuentran dentro del rango óptimo, lo cual concuerda con lo encontrado por otros autores (Durán y Henríquez, 2007).

Conductividad eléctrica (CE)

Las medias de los valores de conductividad eléctrica entre los tratamientos no muestran diferencias significativas entre ellas. Los rangos varían de 5.32 a 7.26 dS m-1, algo similar obtuvo Sánchez-Hernández (2006), quien observó que cuando se agrega estiércol la CE de las VC llegaron a 5 y 8 dS m-1, lo cual si se compara con lo establecido en la NMX-FF-109-SCFI-2008, se observa que todos los tratamientos superan ligeramente lo establecido por la misma. Al respecto, Berrospe (2010), menciona que al mezclar estiércol con la cachaza provoca un aumento de la CE sin importar el proceso de estabilidad (compostaje o vermicompostaje) que haya sufrido el material. Por el rango de CE determinado (Cuadro 2) no se esperan problemas de salinidad al utilizar las vermicompostas ya que al mezclarlas con el suelo el efecto se diluye.

Materia orgánica (MO)

Existe diferencia significativa entre el T2 (estiércol de borrego) con respecto a los demás, ya que este presenta menor contenido de MO, el rango de las medias va de 39.67 a 47.00%. Sin embargo, la NMX-FF-109-SCFI-2008, establece que el rango óptimo debe de ser de 20 a 50% de MO, por lo que, los cinco tratamientos se encuentran dentro de lo establecido. Esto difiere a los datos obtenidos por Sánchez-Hernández (2006), que a partir de tratamientos con estiércol y sin estiércol, obtuvo datos de 52.75 a 82.06%. Todas las vermicompostas tienen valores aceptables de MO, destacando las de caballo, vaca y la mezcla de los cuatro estiércoles con los valores mayores.

Nitrógeno total (NT)

Las medias de los contenidos de nitrógeno total entre los tratamientos no muestran diferencias significativas. El rango de las medias va de 0.30 a 0.43%, lo cual comparado con lo establecido en la NMX-FF-109-SCF1-2008, indica que las VC deben situarse del 1 a 4%, lo cual muestra que los contenidos de nitrógeno total de todos los tratamientos se encuentran por debajo del rango óptimo. Estos resultados concuerdan en parte con los datos obtenidos por Rodríguez *et al*., (2008), que obtuvieron valores de N de 0.38 a 1.10% en sustratos orgánicos para la producción de tomate, a diferencia de Sánchez-Hernández *et al*., (2006) y Domínguez-Gamas (2013), que encontraron que los rangos de NT oscilan de 1.04 a 1.68% en VC. Los datos de N total determinados no concuerdan con los de MO, ya que los valores de MO estuvieron dentro del rango óptimo de las VC, mientras que los de N total están por debajo de lo deseable en un VC. En este caso es necesario agregar residuos con mayores contenidos de N (mayor cantidad de cocoíte, por ejemplo) para mejorar este indicador.

Relación Carbono-Nitrógeno (C/N)

Las medias de los valores de Relación C/N entre los tratamientos no muestran diferencias significativas entre ellas. Los valores varían de 63.61 a 83.14%, lo cual comparado con lo establecido en la NMX-FF-109-SCF1-2008, que indica que las VC deben situarse ≤20, determina que la C/N de todos los tratamientos se encuentran muy arriba del rango. Salgado *et al*., (2006), indica que una relación de C/N inferior a 12 significa que la MO presenta una mineralización neta, y por lo tanto, se tendría N mineral disponible en el suelo. Una relación mayor de 25 representa una inmovilización neta por lo que se carecerá de N disponible para el cultivo. Los valores altos de C/N de las

vermicompostas muestreadas vuelven a resaltar la necesidad de incluir residuos con valores mayores de N para poder mejorar este indicador.

Cuadro 2 Comparación de medias de los análisis químicos de las vermicompostas elaboradas.

T	pH	CE	MO	N total	P asim.	K int.	C/N	Ácidos Húmicos(AH)	Ácidos Fúlvicos(AF)	AH/AF
	rel. 1:2	dS m^{-1}	%	%	mg kg^{-1}	cmol kg^{-1}		%	%	
T1	6.27a*	6.39a	46.99b	0.37a	1.56a	3.85a	73.48a	4.08a	0.28a	14.15a
T2	6.70b	6.07a	39.67a	0.33a	1.44a	6.12a	70.57a	4.77b	0.31a	15.34a
T3	6.30a	7.26a	47.00b	0.43a	1.94b	5.31a	63.61a	4.05a	0.29a	13.85a
T4	6.37a	5.32a	43.00ab	0.30a	1.53a	3.81a	83.14a	4.42ab	0.25a	16.97a
T5	6.30a	5.61a	43.33ab	0.37a	1.65a	4.10a	69.77a	4.39ab	0. 27a	16.03a
CV	1.34	16.79	4.29	14.34	5.39	29.13	12.86	4.58	12.54	13.32
Prob. F	0.006	0.245	0.0059	0.088	0.0003	0.2169	0.210	0.0076	0.4218	0.3611

Medias con la misma literal son iguales estadísticamente (Tuckey $p \leq 0.05$).

Conclusiones

El pH y MO de los tratamientos se encontró en el rango aceptable de la norma mexicana para vermicompostas NMX-FF-109-SCFI-2008, mientras que la CE y la Relación C/N de los tratamientos se encontraron arriba del rango aceptable.

El N total de los tratamientos quedó por debajo de lo especificado por la NMX-FF-109-SCFI-2008, indicándonos que no hay una mineralización completa de las vermicompostas.

El K intercambiable de las vermicompostas se encontró muy alto en los cinco tratamientos conforme a la NOM-021-SEMARNAT-2000, mientras que el P asimilable de las vermicompostas se encontró en niveles muy bajos conforme a la NOM-021-SEMARNAT-2000.

Se considera conveniente agregar una mayor cantidad de desechos agropecuarios ricos en N a las mezclas para mejorar los indicadores que se encontraron deficientes.

Referencias

Berrospe, O.E.A. 2010. Sustratos alternativos a base de cachaza para la producción de plántulas de tomate (Lycopersicum esculentum Mill). Tesis Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados.

Cámara-Reyna, J.C. y E. Maldonado-Ruiz. 2013. Calidad de vermicompostas elaboradas con diferentes estiércoles domésticos. Tesis de Licenciatura Universidad Popular de la Chontalpa.

Dominguez, G.M.I. 2013. Evaluación y caracterización de sustratos orgánicos para el crecimiento de plántulas de caña de azúcar. Tesis de maestria, Colegio de Postgraduados Campus Tabasco

Durán, L. y C. Henríquez. 2007. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostas producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. Agronomía Costarricense. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 31(1): 41-51 pp.

Norma Oficial Mexicana. 2008. Humus de lombriz (lombricomposta) especificaciones y métodos de prueba. NMX-FF-109-SCFI-2008. Diario Oficial de la Federación. México, D. F. 24 p.

Norma Oficial Mexicana. 2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. NOM-021-RECNAT-2000. Diario Oficial de la Federación. México, D. F. 85 p.

Salgado G.S., D.J. Palma-López, L. del C. Lagunes E. y E.M. Castelán, 2006. Manual para muestreos de suelos, plantas y aguas e interpretación de Análisis. Campus Tabasco, Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, ISPROTAB. H. Cárdenas, Tabasco, México. 99 p.

Sánchez-Hernández, R., V.M. Ordaz-Chaparro, D.J. Palma-López y B.J. Sánchez. 2006. El vermicompostaje: elemento útil en la agricultura sustentable. Colegio de Postgraduados y Fundación Produce Tabasco A.C. Villahermosa, Tabasco. México. 46p.

Olivares-Campos, M.; A. Hernández-Rodríguez, C. Vences-Contreras, J. L. Jáquez-Balderrama, y D. Ojeda-Barrios. 2012. Vermicomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. Universidad y Ciencia. 28:27-37

Rodríguez D. M., R. P. Cano, M. U. Figueroa, G. A. Palomo, C. E. Favela, R. V. Álvarez, H. C. Márquez y R. A. Moreno. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. Rev. Fitotec. México 31 (3): 265-272.

EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN POTÁSICA EN EL CULTIVO DE MELÓN

Preciado-Rangel, P.[1*]; Ávila-Cisneros, R.[2]; Rocha-Valdez, L.[2]

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreon, Coahuila. México. Departamento de Horticultura
[2]Universidad Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreon, Coahuila. México. Departamento de Ciencias Básicas.

*Autor responsable: ppreciador@yahoo.com.mx., Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Periférico Raúl López Sánchez S/N y Carrerea a Santa Fe., Torreón Coahuila.

Resumen
El potasio (K) es un nutrimento que influye significativamente en la calidad de los frutos y por lo tanto en las preferencias del consumidor. El objetivo del presente trabajo fue evaluar las cuatro concentraciones de K en la solución nutritiva (5, 7, 9 y 11 mM de K) y su efecto sobre el rendimiento y calidad de frutos de melón en condiciones de invernadero. El experimento se realizó en macetas utilizando un diseño completamente al azar con quince repeticiones. Se realizaron análisis de varianza y comparaciones múltiples de medias (Tukey $P \leq 0{,}05$). Los resultados mostraron diferentes significativas entre las concentraciones de K para rendimiento, diámetro ecuatorial, contenido de sólidos solubles totales, Asimismo, estas variables mostraron una tendencia lineal positiva y significativa con la concentración de K, incrementando sus valores conforme las concentraciones de K aumentaron.

Introducción
El melón (*Cucumis melo* L.) es un cultivo hortícola muy importante en las regiones áridas y semiáridas, debido a su buena adaptación a las condiciones edafoclimáticas (Kusvuran *et al*., 2012), con una producción anual total de 31,92 millones de toneladas (FAOSTAT, 2014). El desarrollo de las plantas de melón en condiciones de invernadero en comparación con las desarrolladas en el campo, presentan numerosas ventajas tales como precocidad, incrementos en el rendimiento y uso eficiente de agua y de fertilizantes (Valenzuela *et al*., 2008). La fertilización es uno de los factores que afectan la calidad de los frutos (Beckles, 2012). Siendo el K el nutriente que ejerce mayor influencia sobre las características que determinan las preferencias del consumidor, la calidad de los frutos y la concentración de fitonutrientes de vital importancia para la salud humana (Lester *et al*., 2010). Bajo esta perspectiva, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de distintas concentraciones de K en la solución nutritiva aplicadas durante el periodo de crecimiento de plantas de melón y su efecto en el rendimiento y la calidad del fruto.

Materiales y métodos
El estudio se estableció en un invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, se Expedition" (Harris Moran®, U.S.A.) en bolsas de polietileno negro calibre 500, tipo vivero de 20 L, las cuales se utilizaron como macetas y se colocaron en un arreglo denominado "tresbolillo". Se utilizó una densidad de seis plantas por m^2, dejando un fruto por planta. Los tratamientos se diseñaron a partir de modificaciones a la solución nutritiva de Steiner (1984) y consistieron en incrementar los niveles de potasio a partir de 5, 7, 9 y 11 mM donde cada tratamiento estuvo conformado por una

maceta con una planta, distribuidas en un diseño completamente al azar con 15 repeticiones (una maceta por repetición). Las variables evaluadas fueron el rendimiento y la calidad de frutos, para lo cual los frutos se cosecharon en la fase de deslizamiento plena, cuando los tallos se separaron completamente se expresó kg planta, la calidad consistió en cuantificar el peso promedio de fruto (kg), tamaño de fruto (diámetro ecuatorial en centímetros), solidos solubles totales en grados Brix (°Bx), que se determinó con un refractómetro manual con escala de 0 a 32% (Atago® Master 2311).Los resultados obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza y comparaciones múltiples de medias (Tukey, $P \leq 0,05$).

Resultados y discusión

Los resultados indican que el K afecto significativamente el peso de frutos ($P \leq 0,05$, Cuadro 1); obteniendo el mayor rendimiento, las plantas tratadas con las concentraciones mayores de K. Al respecto, Sánchez-Chávez *et al*. (2006) señalan que el K en conjunto con el N, es uno de los elementos con mayor influencia en el crecimiento y rendimiento de la planta, ya que el K mejora el metabolismo nitrogenado haciendo más eficiente la fertilización con éste último elemento. Los reportes de Tuna *et al*. (2010) señalan un aumento en el peso promedio de frutos con concentraciones elevadas de K, corroborando los resultados del presente estudio.

Cuadro 1. Efecto de las concentraciones de potasio (K) en la solución nutritiva sobre el valor promedio de rendimiento, diámetro ecuatorial, solidos solubles de frutos de melón

K (mM)	Peso de fruto (kg planta^{-1})	Diámetro Ecuatorial (cm)	SST (°Brix)
5	1,01 b	11,10 b	11,90 b
7	0,95 b	11,10 b	11,90 b
9	1,11 a	11,70 ab	12,20 ab
11	1,12 a	12,11 a	12,70 a

*Valores con letras iguales en cada columna, son iguales de acuerdo con la prueba *Tukey (P≤0.05).*

El diámetro ecuatorial mostró diferencias entre las concentraciones de K, con valor superior en la concentración de 11 mM de K (Cuadro 1). En términos generales, los diámetros polar y ecuatorial de fruto obtenidos en este estudio, fueron mayores en aquellas plantas tratadas con las soluciones de 9 y 11 mM de K, respectivamente, que acorde con Jifon y Lester (2009) se consideran frutos medianos, tamaño similar al obtenido en otras investigaciones de melón en invernadero (Melo *et al*., 2011). Las concentraciones de K utilizadas en la solución nutritiva de este estudio, estimularon diferencias significativas ($P \leq 0,05$, Cuadro 1) en el contenido de sólidos solubles, obteniendo los valores mayores los frutos procedentes de plantas tratadas con 11 mM de K en la solución nutritiva, confirmando el efecto positivo del K en la calidad de los frutos (Silva *et al*., 2014). Los sólidos solubles totales se consideran uno de los criterios de calidad de los frutos de melón más importantes (Budiastuti *et al*., 2012). El K presenta una función importante en el trasporte de solutos a través del floema incluidos el movimiento de los azúcares al fruto (White y Karley, 2010). La concentración de sólidos solubles en los frutos procedentes de plantas tratadas con las concentraciones diferentes de K, superaron al valor mínimo (9.0 °Brix) reportado como aceptable en el mercado (Mata y Méndez, 2009).

Conclusiones

Los niveles de potasio en la solución nutritiva afectaron significativamente el rendimiento y la calidad de los frutos de melón. La concentración óptima para maximizar el rendimiento y la calidadde los frutos de melón fue de 11 mM en las condiciones del presente experimento.

Referencias

Beckles DM. 2012. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. Postharvest Biology Technology 63:129-140.

Budiastuti S, Purnomo D, Djoko ST, Linayanti D, Victorianus P Yo. 2012. The Enhancement of Melon Fruit Quality by Application of the Fertilizer and Gibberellin. Journal of Agricultural Science and Technology 2: 455- 460.

FAOSTAT. 2014. Web site database. http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/rankings/commodities_by_regions/S

Jifon JL, Lester GE. 2009. Foliar potassium fertilization improves fruit quality of field-grown muskmelon on calcareous soils in south Texas. Journal of the Science of Food and Agriculture 89:2452-2460.

Kusvuran S, Ellialtioglu S, Yasar F, Abak K. 2012. Antioxidative enzyme activities in the leaves and callus tissues of salt-tolerant and salt-susceptible melon varieties under salinity. African Journal of Biotechnology 11:635-641.

Lester GE, Jifon JL, Makus DJ. 2010. Impact of potassium nutrition on postharvest fruit quality: Melon (*Cucumis melo* L.) case study. Plant and Soil 335:117-131.

Mata NM, Méndez NJR. 2009. Efecto de reguladores de crecimiento sobre el epicarpo, mesocarpo y sólidos solubles totales del fruto de melón (*Cucumis melo* L.) cv. Edisto 47. Revista Científica UDO Agrícola 9:295-303.

Melo DM, Castoldi R, De Oliveira-Charlo HC, De Souza-Galatti F, Braz LT. 2011. Produção e qualidade de melão rendilhado sob diferentes substratos em cultivo protegido. Revista Caatinga 25:58-66.

Sánchez-Chávez E, Soto-Parra JM, Ruiz-Sáez JM, Romero-Monreal L. 2006. Biomasa, actividad enzimática y compuestos nitrogenados en plantas de frijol ejotero bajo diferentes dosis de potasio. Agricultura Técnica en México 32:23-37.

Silva MDC, Da Silva TJ, Bonfim-Silva EM, Farias LDN. 2014. Características produtivas e qualitativas de melão rendilhado adubado com nitrogênio e potássio. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 18:581-587.

Steiner AA. 1984. The universal nutrient solution. pp. 633-650. In: Proceedings 6th International Congress on Soilles Culture. Wageningen. The Netherlands.

Tuna AL, Kaya C, Ashraf M. 2010. Potassium sulfate improves water deficit tolerance in melon plants grown under glasshouse conditions. Journal of Plant Nutrition 33:1276-1286.

Valenzuela J, Guzmán M, Sánchez A. 2008. Postharvest quality of melon fruits in soil and soilless crops. *In*: International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics 843:211-218.

White PJ, Karley AJ. 2010. Potassium. *In:* Cell Biology of Metals and Nutrients; Hell R, Mendel RR (Eds.). Springer, Berlin/Heidelberg, Germany. pp.199-224.

ESTIMACIÓN DE LA RECARGA HÍDRICA UTILIZANDO EL MÉTODO DE CURVAS NUMERICAS EN LA CUENCA DEL RÍO AYUQUILA, JALISCO, MEXICO

Ramírez-Flores, L.V.[3]; Olguín-López, J.L.[4]; Álvarez-Rodríguez, M.R.[2]; Ramírez-Romero, J.M.[2]

[1] **Estudiante de la carrera de Ingeniero en Recursos Naturales y Agropecuarios del Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara. Jalisco, México.**

[2] **Departamento de Ecología y Recursos Naturales del Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara. Jalisco, México.**

*Autor responsable: olguin@cucsur.udg.mx; Independencia Nacional 151 Autlán de Navarro, Jalisco, México C.P. 48100

Resumen

En México, existe una gran dependencia del agua subterránea por ser un elemento relativamente oculto, actualmente el enfoque dado al estudio del agua subterránea pretende cuantificar volúmenes a través del balance hídrico, más no entender su respuesta ni relación con diversas componentes del medio ambiente.

Bajo el contexto anterior, la recarga hídrica hacia un acuífero puede darse naturalmente debido a la precipitación, a las aguas superficiales, es decir, a través de ríos y lagos, o por medio de transferencias desde otras unidades hidrogeológicas o acuíferos; pero también puede darse de manera artificial producto de actividades como la irrigación, fugas de redes de abastecimiento o por infiltraciones de embalses y depósitos (Balek, 1988; Custodio, 1997; Simmers, 1990; Lerner, 1990; Samper, 1997). Isaar y Passchier (1990), mencionan que para determinar o estimar la cantidad que llega hacia los acuíferos es necesario conocer la cantidad que puede llegar a ellos, y adicionalmente determinar las zonas donde se presenta la recarga hídrica.

Chow et al. (1994) menciona que el conocimiento de los factores que intervienen en el los procesos hidrológicos es muy importante debido a que es, en las cuencas hidrográficas , donde se genera el agua necesaria para diferentes usos del suelo o consumo urbano y por tanto la calidad y cantidad del rendimiento hídrico se vuelve crítico.

El objetivo del presente trabajo se encamina a resolver o a estimar la recarga hídrica de la cuenca del río Ayuquila como unidad territorial que para este estudio se utilizó el métodos de evapotranspiración de Turc modificado por Cruz – Falcón (2007) y la metodología de las curvas numéricas empleadas por CONAFOR para estimar el escurrimiento medio que servirá de base para conocer la distribución y cantidad de recarga hídrica en la cuenca del río Ayuquila.

Palabras clave

Cuenca; evapotranspiración; recarga

Introducción

En referencia al recurso agua, Orozco, Padilla y Salguero (2003), manifiestan que existe el convencimiento de que nos encontramos inmersos en una grave crisis en relación a los recursos naturales en particular el agua, su escases para consumo humano, riego de inundación, uso para la actividad agrícola, es ocasionada debido a cambios en regímenes de precipitación, escurrimientos

superficiales y a la recarga hídrica. En México existe una gran dependencia del agua subterránea, y por ser un elemento relativamente oculto, existe poco interés en realizar un análisis sistémico que permita entender la dinámica de su funcionamiento; actualmente, el enfoque dado al estudio del agua subterránea pretende cuantificar volúmenes a través del balance hídrico, más no entender su respuesta ni relación con diversas componentes del ambiente (Carrillo, 2000; Hergt et al., 2002; Huízar et al., 2004; SEDESOL, 2005; Peñuela, 2007).

De acuerdo a la Comisión Nacional del Agua, (CNA) se extrae mayor cantidad de agua de la que se recarga de forma natural en el país (Cota 2011). Además CONAGUA (2011) reporta un uso de agua subterránea del 63% aproximadamente en el año 2009 para el territorio nacional; Contreras y Galindo (2008) mencionan la existencia de zonas donde el crecimiento demográfico y económico que han superado la capacidad natural de recarga tal es el caso de la Ciudad de México y San Luis Potosí donde utilizan un 92% del total del agua utilizada para su abastecimiento.

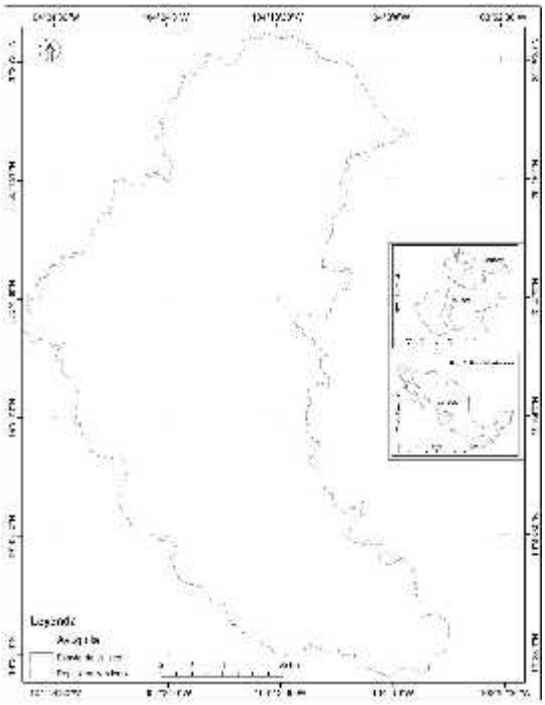
Bajo el contexto anterior, la recarga hídrica hacia un acuífero puede darse naturalmente debido a la precipitación, a las aguas superficiales, es decir, a través de ríos y lagos, o por medio de transferencias desde otras unidades hidrogeológicas o acuíferos; pero también puede darse de manera artificial producto de actividades como la irrigación, fugas de redes de abastecimiento o por infiltraciones de embalses y depósitos (Balek, 1988; Custodio, 1997; Simmers, 1990; Lerner, 1990; Samper, 1997). Isaar y Passchier (1990), mencionan que para determinar o estimar la cantidad que llega hacia los acuíferos es necesario conocer la cantidad que puede llegar a ellos, adicionalmente se pueden determinar las zonas donde se presenta la recarga hídrica. Chow et al. (1994), menciona que el conocimiento de los factores que intervienen en los procesos hidrológicos es muy importante debido a que es, en las cuencas hidrográficas, donde se genera el agua necesaria para diferentes usos del suelo o consumo urbano, y por tanto la calidad y cantidad del rendimiento hídrico se vuelve crítico. Para ello, Sánchez *et al* 2003) mencionan que la existencia de un modelo que permite estimar el escurrimiento superficial en cuencas es el método de curvas numéricas desarrollado por el Servicio de Conservación de suelos (SCS – CN) de los Estados Unidos (Soil Conservation Service, 1972). Donde según Rawls *et al*. (1993) mencionaron que el modelo de curvas numéricas (CN) refleja las condiciones de infiltración del suelo, estas varían de 0 a 100 donde el valor máximo se relaciona a superficies impermeables y superficies de agua, y en superficies naturales es menor de 100 (Chow *et al*. 1994). Mongil et al (2012) consideran que la utilización del método de numero de curva estima el incremento de la capacidad de recarga hídrica, el número de curva tiende a disminuir.

El objetivo del presente trabajo se encamina a resolver o a estimar la recarga hídrica de la cuenca del río Ayuquila como unidad territorial que según Maldonado – De León et al (2001) son áreas donde se combinan procesos ecológicos, como el ciclo del agua y se producen bienes y servicios; por tal motivo para este estudio se utiliza el métodos de evapotranspiración de Turc modificado por Cruz – Falcón (2007) y utilizar la metodología de las curvas numéricas empleadas por CONAFOR, para estimar el escurrimiento medio que servirá de base para conocer la distribución y cantidad de recarga hídrica en la cuenca del río Ayuquila.

Materiales y Métodos

La cuenca se encuentra ubicada en la parte Oeste del estado de Jalisco (*Figura 1*), dentro de las coordenadas geográfica 19°25'32.72714" a 20°37'40.58447" de Latitud Norte y 103°52'17.45597" a 104°40'35.94573" de longitud Oeste. La cuenca presenta gran diversidad geomorfológica destacando relieve de lomeríos, montañas y valles situados entre 600 a 2900 msnm; presenta una geología

compuesta principalmente en su mayor superficie a rocas ígneas, intrusivas, ácidas, ubicadas en la parte sur de la cuenca, rocas ígneas extrusivas, ácidas e intermedias, distribuidas en prácticamente toda la cuenca principalmente en zonas dominadas por montañas y suelos aluviales, localizados en zonas de valle, en la parte media de la cuenca (INEGI, 1972).



La determinación de la distribución de la recarga hídrica en la cuenca está condicionada a la utilización de la ecuación de (Castany 1971) la cual se presenta a continuación:

$$P = E \quad + E \quad + I$$

Donde *P = Infiltración, Es = Escurrimiento superficial, Et = Evapotranspiración, I = Infiltración o recarga hídrica*.

Por lo tanto el despeje de la anterior ecuación se presenta de la siguiente forma:

$$I = P - E \quad - E$$

Distribución espacial de la precipitación y temperatura

El uso de los Sistemas de Información fue la base para la obtención de la distribución espacial de la precipitación y temperatura a nivel pixel de 20 x 20 m, utilizando el método de interpolación de Natural Neighboor de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Figura 1 *Ubicación de la zona de studio*

Esta distribución de la precipitación se obtuvo con la ubicación de 72 estaciones del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y de la base de datos de ERICIII (extractor rápido de información climática) del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), de los cuales se obtuvo la precipitación promedio mensual por estación, así como valores medios de temperatura. Los datos utilizados corresponden a valores medios anuales y mensuales de precipitación incorporando valores medios mensuales de temperatura y promedios anuales.

Distribución espacial de la evapotranspiración

Para la estimación del modelo espacial se utilizó la ecuación empírica de Turc modificada por Cruz – Falcón (2007). En este sentido, la resolución resultante corresponde a pixeles de 20 por 20 m., incluye parámetros de precipitación (P) y temperatura (T); este último útil para la obtención de la variable (L), los parámetros principales que intervienen en la formulas consideradas a continuación fueron generados bajo los Sistemas de Información Geográfica utilizando el álgebra de mapas de la herramienta Spatial Analyst de Arcmap 10.2.

$$E \quad = P/[1.5 + (P/L)^2]^{0.5}(C \quad - F \quad ón, 2007)$$

Donde $E \quad = E \quad ón\ (m \quad)$, $P = F \quad ón\ (m \quad)$, para la ecuación $L = 300 + 25T + 0.05T^2$ donde la condición es válida $P > 0.31L, si\ P < 0.31L, e\ t \quad P = E \quad$) y finalmente $T = T \quad$ (°C); de tal manera que los valores representaran precipitaciones anuales y temperatura medias anuales.

Modelo de distribución del volumen medio escurrido

Para la obtención del modelo de distribución del escurrimiento superficial se propuso la utilización del método de curvas numéricas del Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA – SCS); la disponibilidad de esta metodología corresponde a que no se cuenta con suficientes estaciones que registren la intensidad de la lluvia ya que solo se tiene el dato de lluvia máxima en 24 horas para determinar la cantidad de lluvia que escurre de forma superficial (Conafor, 2006). Becerra (1999), menciona que las curvas numéricas son una representación general de los coeficiente de escurrimiento para una cuenca y que considera los siguientes factores, uso de la tierra, cobertura vegetal, condición hidrológica, lluvia antecedente y practicas mecánicas utilizadas, adicional el tipo de suelo en cuanto a su potencial de escurrimiento.

En contexto Martínez (1985), la retención máxima potencial (S) está dada por:

$$S = \frac{25400}{C} - 254$$

Donde S= Retención máxima potencial (mm), CN = es el valor de las Curvas numéricas.
A su vez, la retención máxima potencial, define la magnitud de la lámina de escurrimiento medio para la tormenta a través de la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}$$

Donde Q = Escurrimiento medio (mm), P = Precipitación (mm), S = Retención máxima potencial.

Distribución espacial de la infiltración

Para la realización del modelo se toma en cuenta la precipitación donde se le restan los modelos de evapotranspiración (Turc modificado) y escurrimiento medio obtenido del método de curvas numéricas para estimar el modelo de distribución espacial de la infiltración de acuerdo a Castany (1971).

Resultados

La distribución espacial de la precipitación en la cuenca del río Ayuquila es muy heterogénea, debido a su geomorfología variada como valles y zonas montañosas principalmente y donde se presenta una variabilidad de la precipitación de 497.09 a 1485.87 mm anuales (*Figura 2*), los valores mínimos están distribuidos sobre superficies planas que corresponden a valles y los máximos valores se encuentran sobre superficies de montaña con pendientes fuertes y zonas de ladera; en tanto que la precipitación media corresponde a 925.20 mm.

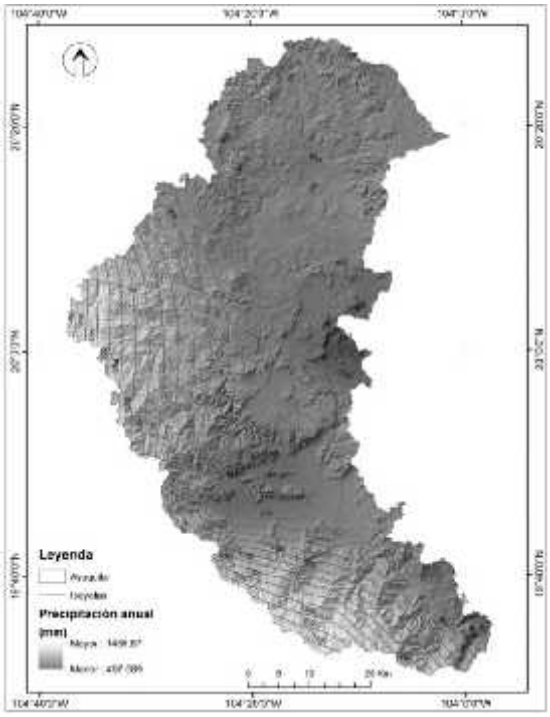


Figura 2. *Distribución espacial de la precipitación (mm).*

Para las zonas planas correspondiente a los valles dentro de la cuenca del río Ayuquila la variabilidad de la precipitación corresponde 674.25 a 1092.21 mm anuales (*Gráfica 1*), para la zona de montaña 499.38 a 1485.87 mm. En consecuencia, para las zonas de ladera o pie de cerro se tiene una distribución de 497.09 a 1454.19 mm anuales; en este sentido la distribución temporal de la

precipitación se presenta a continuación presentando los rangos y valores medios a nivel mensual aunado la obtención de la precipitación por zona funcional (valles, pie de cerro, montaña). En cuanto a la distribución espacial de la evapotranspiración sobre la cuenca del río Ayuquila se presenta bajo el método empírico de Turc modificado por Cruz – Falcón (2007) valores mínimos de 365 mm anuales distribuidos principalmente en zonas de valle donde la lluvia es escasa y valores máximos de 701 mm ubicados en pendientes. Por otro lado, el escurrimiento medio estimado con base al método de curvas numéricas presenta una variabilidad de 206 mm anuales como valor mínimo y 1417 mm como valor máximo. Los valores mínimos representativos del escurrimiento superficial se presentan principalmente en zonas planas donde principalmente se practica la agricultura superficial y donde la pendiente es suave, sin embargo los mayores valores de escurrimiento se distribuyen en superficies de montaña con suelos poco profundos y donde la principal característica son la presencia de pendientes abruptas.

Recarga hídrica en la cuenca del río Ayuquila

Tomando en cuenta la recarga hídrica y la ecuación para su estimación se tiene que se precipita un total de 8.56 Mm^3 y se evapora 5.1 Mm^3con un escurrimiento superficial de 0.78 Mm^3. Por lo tanto se recarga 2.58 Mm^3 que representa el 30% aproximadamente de la precipitación total.

Tabla 1. Recarga hídrica en la cuenca del río Ayuquila

Geomorfología	Superficie (ha)	Recarga (Mm^3)	Porcentaje
Montaña	283151.4	2.09	81.3
Pie de Cerro	36164.9	0.24	9.3
Valles	45088.2	0.24	9.4
TOTAL	**364404.44**	**2.58**	**100.0**

Referencias

Córdoba, S., J. A. Zea & W. Murillo. (2006): Estimación de la precipitación media, evaluación de la red pluviométrica y cuantificación del balance hídrico en la cuenca del río Quito en el departamento del Chocó, Colombia. 10: 100-110 pp.

Cota, E., Marín L, E., Barlcazar, M. Recarga de acuíferos mediante la construcción de tinas ciegas. Disponible en línea en: http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/2011_cnch2_mon_ecota1.pdf

Peñuela Arévalo L. A, Carrillo Rivera, J, J. (2012). Definición de zonas de recarga y descarga de agua subterránea a partir de indicadores superficiales: –sur de la Mesa Central, México. Disponible en línea: http://www.revistas.unam.mx/index.php/rig/article/view/30518/41962

Ríos N., Cárdenas A, Y., Andrade, H, J., Ibrahim, M., Jiménez, F., Escorrentía superficial e infiltración en sistemas ganaderos convencionales y silvopastoriles en el trópico subhúmedo de Nicaragua y Costa Rica. Disponible en línea: http://216.224.175.122:8080/bitstream/handle/11554/6222/Escorrentia_superficial_e_infiltracion.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rodríguez Lugo, D. M., Pérez Álvarez, P., (2014). Determinación de la recarga hídrica potencial en la cuenca hidrográfica Cuara, de Cuba. Disponible en línea en: http://www.unesco.org.uy/phi/aqualac/fileadmin/phi/aqualac/Numero_6_vol_2/06_Determinacion_de_la_recarga_hidrica_potencial_en_la_cuenca.pdf

Vélez Otálvaro, M. V., Métodos para determinar la recarga en acuíferos. Disponible en línea en: http://www.bdigital.unal.edu.co/4442/1/EA3760.pdf

CONAGUA (2011), Estadísticas del agua en México, Comisión Nacional del Agua, México.

Castany G (1971) Tratado práctico de las aguas subterráneas. Ed. Omega, Bar., España. 671 pp.

Cruz-Falcón A (2007) Caracterización y Diagnóstico del Acuífero de La Paz B.C.S. Mediante Estudios Geofísicos y Geohidrológicos. Tesis de Doctorado, IPN-CICIMAR, Diciembre de 2007. 139 pp.

Chow,V. T., D.R. Maidment y L. W. Mays. 1994. Hidrología aplicada. McGraw-Hill- Interamericana. Bogotá, Colombia. 584 pp.

BACTERIAS PRODUCTORAS DE BIOSURFACTANTES AISLADAS DE SUELOS CONTAMINADOS CON PETRÓLEO

Rodríguez-Uribe, M.[1]; Rivera-Cruz, M.[2]; Alarcón, A.[3]; Peña-Cabriales, J.[1*]

[1] Centro de Investigación y de Estudios Avanzados-IPN, Unidad Irapuato. Irapuato, Guanajuato. México.
[2] Profesor Investigador, Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, México.
[3] Profesor Investigador, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, México.
[1] Profesor Investigador, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados-IPN, Unidad Irapuato. Irapuato, Guanajuato. México.

*Autor responsable: jpena@ira.cinvestav.mx; Km 9.6 Libramiento Norte, Irapuato, Guanajuato. México. CP 36821; Tel. +52 (462)-623-9642

Resumen
Durante las actividades inherentes a la industria del petróleo es común que se presenten derrames de combustible causantes de problemas ambientales. Una estrategia para afrontar este problema es la implementación de sistemas de remediación que incluyan diversidad microbiana. El objetivo de este estudio fue identificar bacterias con características que permitan su uso potencial en biorremediación, aisladas de un suelo contaminado con petróleo. Para ello se realizó el aislamiento, selección e identificación de bacterias de suelo afectado por derrames crónicos de petróleo del Complejo Procesador de Gas La Venta, localizado en el estado de Tabasco. Se realizaron conteos totales de microorganismos mediante la técnica de cuenta viable en superficie por diluciones; las bacterias fueron aisladas utilizando el medio Bushnell-Haas con antraceno (A) y fenantreno (F) como fuente de carbono, para enriquecer bacterias degradadoras de hidrocarburos. Se seleccionaron las bacterias que crecieron en 200 ppm de A y F en el medio de cultivo. También, mediante la prueba de dispersión de gota se eligieron bacterias capaces de producir biosurfactantes que aumentan la biodisponibilidad de estos compuestos en el medio. Los géneros que presentaron estas dos características de interés fueron identificados como *Sphingobium* sp., *Bosea* sp., *Pseudomonas* sp., y *Phenylobacterium sp.* Estas bacterias han sido reportadas previamente en procesos de biorremediación, por lo cual su aplicación en suelos contaminados con hidrocarburos, se convierte en una potencial herramienta para la recuperación de los mismos.

Palabras clave
Hidrocarburos aromáticos policíclicos; antraceno; fenantreno; biorremediación.

Introducción
Desde hace más de 40 años, las actividades inherentes a la industria petrolera en México son fuentes importantes de contaminación del suelo y agua, ocasionada por derrames, fugas, lodos y recortes de perforación (Trujillo *et al*., 1995; Adams *et al*., 1999; Maldonado *et al*., 2010). Entre los componentes del petróleo, considerados contaminantes abundantes y persistentes en suelo, se identifican a los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) que son compuestos formados por dos

o más anillos aromáticos fusionados, constituidos por átomos de carbono e hidrógeno y debido a sus estructuras hidrofóbicas son casi o totalmente insolubles en agua.

Los suelos contaminados con HAP presentan riesgos potenciales a la salud humana y para los ecosistemas naturales ya que algunos han sido reportados como carcinogénicos, citotóxicos o ecotóxicos (Srogi, 2007). Este tipo de contingencias ambientales origina efectos sobre la estructura del suelo, composición de la flora, fauna y microfauna. Aunque existen diversas tecnologías

fisicoquímicas y térmicas para la eliminación de HAP, éstas presentan ciertas limitaciones: generan cenizas y toxinas que pueden ser expulsadas a la atmósfera. Además, este proceso deja al suelo como un residuo inerte, tiene un alto costo y consumo de energía (Haritash & Kaushik, 2009). En contraparte, la biorremediación es un tratamiento económico y amigable con el ambiente.

Los microorganismos tolerantes en suelos contaminados con petróleo desarrollan y utilizan respuestas enzimáticas y fisiológicas especializadas (Atlas *et al*., 1991; Rivera *et al*., 2002). Un ejemplo de esto son los biosurfactantes, que son metabolitos secundarios excretados por los microorganismos durante la fase estacionaria de crecimiento (Sulbarán *et al*., 2005) y presentan una alta actividad de superficie y propiedades emulsificantes. Su principal papel fisiológico es el de incrementar la biodisponibilidad de HAP con el fin de permitir su degradación y reducir la tensión superficial (Bagheri *et al*., 2009). Es de vital importancia optimizar la biodegradación de HAP, por lo cual el objetivo de este proyecto fue aislar e identificar bacterias productoras de biosurfactantes a partir de suelo afectado por derrames crónicos de petróleo para después usarlas en biorremediación.

Materiales y Métodos

Colecta, caracterización de suelos y cuantificación de bacterias heterótrofas cultivables

El suelo testigo se localizó en el ejido Blacillo-Tabasco mientras que el suelo contaminado se ubicó al sureste del Complejo Procesador de Gas la Venta, (ejido José Narciso Rovirosa, municipio de Huimanguillo-Tabasco). La concentración de contaminantes fue determinada mediante protocolo 3540B de la EPA (US EPA, 1996). Todos los análisis físicoquímicos fueron realizados de acuerdo a los métodos de análisis de suelo de Spark *et al.*, 1996. La cuantificación se realizó con el método de conteo de células vivas por siembra en superficie (Madigan *et al*., 1998).

Aislamiento por enriquecimiento de bacterias hidrocarbonoclastas

El medio Bushnell-Haas (BH), suplementado con 1000 ppm de Antraceno (A) y Fenantreno (F) como fuente de carbono, fue usado para el enriquecimiento de bacterias degradadoras de HAP. Para el enriquecimiento y aislamiento se siguió metodología propuesta por Mandri & Lin, 2007. Dependiendo de las características fenotípicas, treinta colonias fueron seleccionadas para el posterior estriado en medio sólido hasta la obtención de cultivos puros.

Screening de bacterias productoras de biosurfactantes

Se realizó la prueba de dispersión de gota utilizando protocolo establecido por Morikawa *et al.*, en el año 2000.

Identificación molecular de los aislados bacterianos

Se extrajo DNA genómico de los 30 aislados utilizando el kit PureLink® Genomic DNA Kit (Invitrogen, Carlsbad, CA). Para la identificación molecular se realizó la amplificación del gen 16S RNA ribosomal mediante la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR) utilizando los oligos: 27F (5'-AGAGTTTGATCMTGGCTCAG-3') y 1492R (5'-TACGGYTACCTTGTTAC GACTT-3'). Se amplificó un fragmento de ≈ 1300pb; los productos de PCR fueron corridos en gel de agarosa al 1% con marcador 1Kb plus (Invitrogene). Los fragmentos amplificados fueron secuenciados por ambos lados mediante el método Sanger.

Los electroferogramas resultantes de la secuenciación Sanger se editaron en el programa Geneious para obtener un concatenado del cual se extrajo la secuencia consenso. Para la identificación taxonómica se procedió a hacer un Blastn con un corte de e-value de 0.1 con las secuencias en la base de datos SILVA y se les dio a las secuencias el nombre del mejor hit.

Resultados y Discusión

El suelo contaminado contiene 26800 mg kg^{-1} de HTP, base seca, lo cual indica que es un suelo altamente contaminado pues rebasa el límite máximo permisible establecido por la NOM-138-SEMARNAT-2012 que es de 6000 mg kg^{-1} de HTP para suelos de uso industrial y comercial. Las características fisicoquímicas de los dos suelos se describen en la Cuadro 1.

La comparación de las medias de las poblaciones bacterianas de los dos tipos de suelo mostró diferencias significativas (p=0.05). La población más grande ($92x10^6$ UFC g-1 suelo seco) correspondió al suelo no contaminado y fue 87 veces mayor que la población reportada para el suelo contaminado (106×10^4 UFC g-1 suelo seco). Lo anterior indica que el contaminante ejerce un efecto negativo sobre la población de bacterias heterótrofas cultivables, esto se debe a que la tolerancia microbiana a la presencia de petróleo en el suelo induce la selectividad y por ende a la disminución del número y diversidad de microorganismos.

Cuadro 1. Características fisicoquímicas de los suelos.

Tipo de Suelo	pH	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Tipo de suelo	CC* (%)	DA** (g/cm^3)
No contaminado	6.54	41.48	33.96	24.56	Franco Arcilloso	67.50	0.94
Contaminado	6.5	65.48	17.96	16.56	Franco Arenoso	52.50	1.02

*CC=Capacidad de campo; **DA=Densidad aparente.

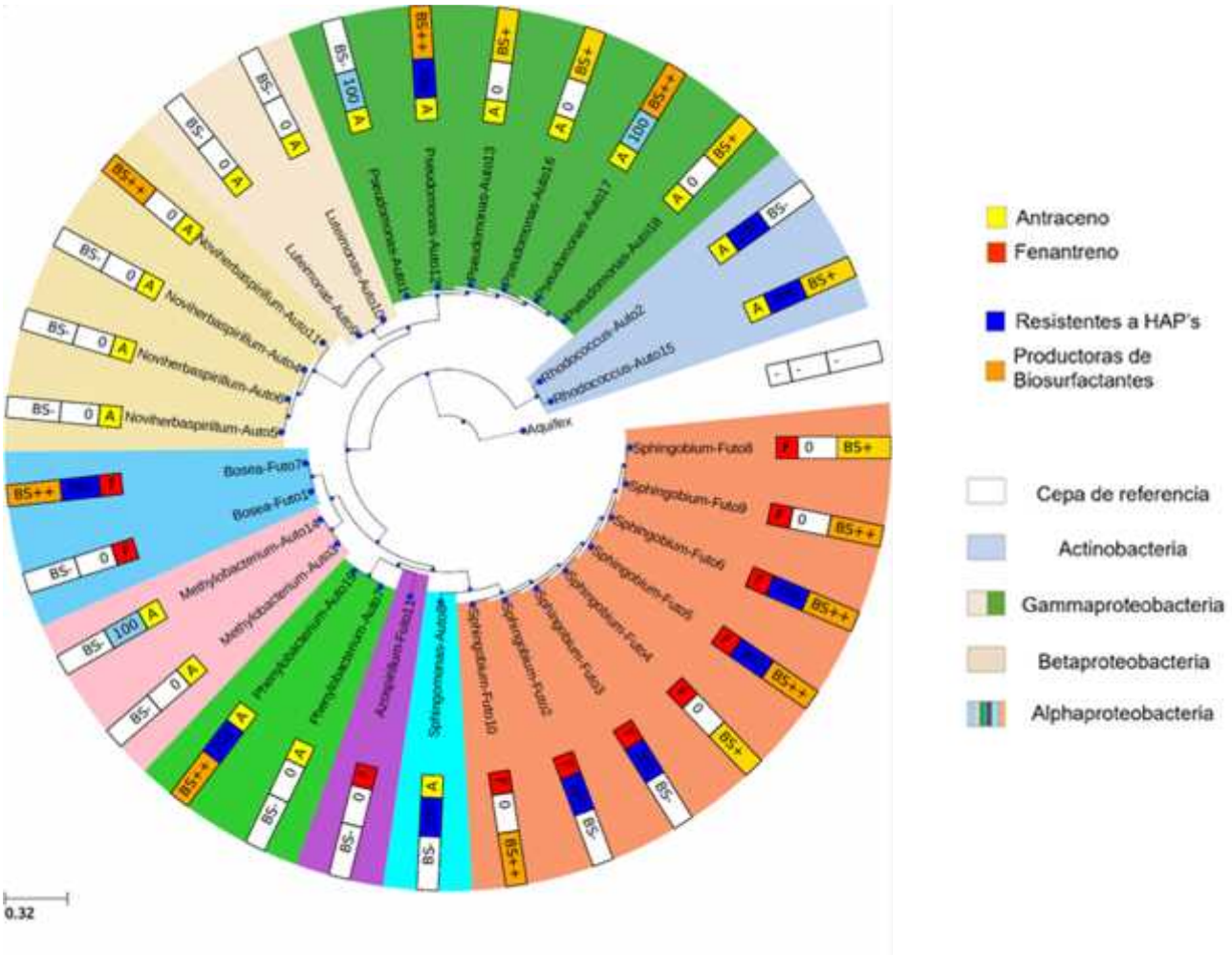


Figura 1. Análisis filogenético molecular por el método de máxima verosimilitud. Se utilizó una distribución gamma para modelar las diferencias de tipo evolutivas entre sitios (5 categorías (+ G, el parámetro = 0,2935)). El árbol está dibujado a escala, con longitudes de rama medidos en el número de sustituciones por sitio. El análisis incluyó 31 secuencias de nucleótidos. La edición de los aboles filogenéticos se hizo con python v2.7.6 c ayuda el paquete ETE, en el cual se le adicionaron mediante comandos, los metadatos más importantes al árbol, lo que ayuda a una mejor visualización de los datos.

Conclusiones

Los aislados que son resistententes a HAP y que además producen biosurfactantes fueron identificados como *Sphingobium* sp., *Bosea* sp., *Pseudomonas* sp., y *Phenylobacterium sp.* Estas bacterias han sido reportadas previamente en procesos de biorremediación, por lo cual su aplicación en suelos contaminados con hidrocarburos, se convierte en una potencial herramienta para la recuperación de los mismos.

Agradecimientos

El primer autor agradece al CONACYT por la beca otorgada No. 570128 para realizar los estudios de postgrado.

Referencias

Adams SRH, Domínguez RVI, García HL (1999) Potencial de la biorremediación de suelo y agua impactados por petróleo en el trópico mexicano. Terra 17: 159-174.

Atlas, M.R., A. Horowitz, M. Krichevky y K.A. Bej. 1991. Response of microbial population to environmental disturbance. Microbiol. Ecol. 22: 249-256.

Bagheri T., Shourian M., Roostaazad R., Rouholamini A., Reza M y Akbari K. (2009). An Efficient Biosurfactant-producing bacterium Pseudomonas aeruginosa MR01, Isolated from Oil Excavation Area in South of Iran. Colloids and surfaces B: Biointerfeces. 1-11.

Haritash, A., & Kaushik, C. (2009). Biodegradation aspects of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs): A review. Journal of Hazardous Materials, 169(1), 1-15.

Madigan, M.T., J.M. Martinko y J. Parker. 1998. Brock. Biología de los microorganismos. 8a. ed. rev. y aum. Trad. al español por M. Gacto F., I. García A., T. González V., R. Guerrero M. y M. Sánchez P. Prentice Hall Iberia. Madrid, España.

Maldonado-Chávez, E., Rivera-Cruz, M. C., Izquierdo-Reyes, F., & Palma-López, D. J. (2010). Efectos de rizosfera, microorganismos y fertilización en la biorremediación y fitorremediación de suelos con petróleos crudo nuevo e intemperizado. Universidad y ciencia, 26(2), 121-136.

Mandri, T., & Lin, J. (2007). Isolation and characterization of engine oil degrading indigenous microrganisms in Kwazulu-Natal, South Africa. *African journal of Biotechnology*, *6*(1).

Morikawa M, Hirata Y, Imanaka T. A study on the structure-function relationship of lipopeptide biosurfactants. Biochim Biophys Acta 2000; 1488(3):211-218.

Rivera, M., Ferrera, R., Volke, V., Rodríguez, R., & Fernández, L. (2002). Adaptación y selección de microorganismos autóctonos en medios de cultivos enriquecidos con petróleo crudo. *Terra Latinoamericana*, *20*(4), 423-434.

Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., Loeppert, R. H., Soltanpour, P. N., Tabatabai, M. A., ... & Sumner, M. E. (1996). *Methods of soil analysis. Part 3-Chemical methods*. Soil Science Society of America Inc.

Srogi K. 2007. Monitoring of environmental exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: a review. Environmental Chemistry Letters. 5:169-195.

Sulbarán M., Bahsas A., Velásquez W y Rojas J. (2005). Caracterización de Biosurfactantes Producidos por Pseudomonas fluorescens Aisladas de Emulsiones de Petróleo Pesado. Ciencia. 13:2. 228-239

Trujillo NA, Zavala CJ Lagunes ELC (1995) Contaminación de suelos por metales pesados e hidrocarburos aromáticos en Tabasco. In: Memoria Octava Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria. INIFAP Tabasco. Villahermosa, Tab. pp. 45-52.

US EPA-3540C. (1996). Soxhlet extraction organics. SW-846 Test methods for evaluating solid waste physical/chemical methods. http://www.epa.gov/wastes/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3540c.pdf. Accessed 20 June 2016.

CRECIMIENTO DE CACAO CLONAL EN SAF CON LA APLICACIÓN DE INOCULANTES BACTERIANOS

Romero-Hernández, E.[1*]; Hipólito-Romero, E.[2]; Cerdán-Cabrera, C.R.[1]; Ramos-Prado, J.M.[2] del Amo-Rodríguez, S.[2]; Ricaño-Rodríguez, J.[2]; López-Reyes, L.[3]; Carcaño-Montiel, M.G.[3]; Patlas-Martínez, C.I.[1]

[1] Facultad de Ciencias Agrícolas-Campus Xalapa, Ciudad, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México.
[2] Centro de Eco Alfabetización y Dialogo de Saberes, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. México.
[3] Laboratorio de Microbiología de Suelos, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.

*Autores responsables: Esteban Romero Hernández; shreder_dafta@hotmail.com; y Enrique Hipólito Romero; ehipolito@uv.mx; Av. De las Culturas Veracruzanas s/n, Col. Emiliano Zapata, Zona Universitaria, Xalapa, Veracruz, México. CP 91060; Tel. +52(228)-842-1700. Ext: 10858.

Resumen
Los sistemas agroforestales (SAF) albergan una enorme cantidad de interacciones ecológicas entre sus componentes. Una de las especies de importancia ecológica y económica que se cultiva dentro de estos sistemas de manera tradicional es *Theobroma cacao* L., que se extiende a lo largo de los trópicos húmedos. El estudio tuvo por objetivo evaluar el desarrollo del cultivo de cacao en condiciones agroforestales, con la aplicación de dos tratamientos de fertilización. Para ello se calcularon las tasas de crecimiento y los porcentajes de supervivencia de las plantas de cacao. El trabajo se llevó a cabo en una parcela experimental ubicada en la comunidad de Nuevo Ojital, Municipio de Papantla, Veracruz, en la que se estableció el cultivo de cuatro variedades clonales del INIFAP, con la aplicación de un inoculante bacteriano y un fertilizante químico convencional. El experimento se ajustó a un diseño de bloques al azar. Se encontraron diferencias estadísticas entre variedades de cacao y tratamientos de fertilización. Bajo las condiciones estudiadas, la variedad de cacao que mostró un mejor desempeño fue la INIFAP 9. Las plantas con el inoculante tuvieron un mayor crecimiento en cuanto a altura y diámetro, pero solo fue significativo en el caso de la altura; se encontró que existe un elevado déficit hídrico en la región, que posiblemente disminuye el efecto del biofertilizante sobre el crecimiento las plantas de cacao. Estos resultados pueden ayudarnos a observar el efecto de las interacciones entre el cultivo, el inoculante y el ambiente en que son establecidos.

Palabras clave
Crecimiento, sistema agroforestal; *Theobroma cacao*, inoculación

Introducción
Los SAF cacaoteros desempeñan un papel importante dentro de la estructura y función de los agroecosistemas tropicales, y se le atribuye una importancia ecológica considerable, ya que conservan la biodiversidad, los suelos y el agua, capturan carbono atmosférico y proveen de diversos servicios ambientales a los agricultores (Somariba, 2004; Hipólito-Romero *et al*., 2015), además de que estos obtienen beneficios por la producción de los cultivos que se establecen entre el dosel de los árboles (Rice y Greenberg, 2000). Los árboles en los SAF ayudan a suplir parcialmente las necesidades nutrimentales de los cultivos que se encuentran asociados (Mendieta y Rocha, 2007), por la adición de materia orgánica al suelo y su intervención en el ciclado de nutrientes (Nair *et al*., 1955; Rice y Greenberg, 2000).

Otra manera de suplir las necesidades nutrimentales a los cultivos es mediante el uso de fertilizantes (FAO, 2002), y en este aspecto, el empleo de biofertilizantes tiene un papel importante dentro de la agricultura sustentable, ya que al implementar microorganismos benéficos, se mejoran las propiedades del suelo y la disponibilidad de nutrientes; y disminuye tanto el uso como la presencia de agroquímicos dañinos. Comúnmente se utilizan bacterias PGPR´s para su elaboración, las cuales, ya sea a través de su metabolismo secundario o haciendo disponibles diversos compuestos que se encuentran en el suelo, promueven el crecimiento de las plantas (Peralta-Díaz, 2002; de-Bashan *et al.*, 2007). En este sentido, el uso de estos biofertilizantes puede considerarse como una alternativa ecológica para el rescate de los ecosistemas cacaoteros (Paulo *et al*., 2004, *citado por* Argüello y Moreno, 2014).

Debido a que las condiciones climáticas son distintas en cada sitio donde se establecen los cultivos de cacao, es necesario estudiar la relación existente entre el desarrollo de las características morfológicas de las plantas y el ambiente en el que se cultivan (Almeida y Valle, 2007; Jaimez *et al.*, 2008). En este trabajo evaluó el desarrollo de *Theobroma cacao* L. establecido en un sistema agroforestal diversificado, con el efecto de la inoculación con bacterias PGPR (fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fosfatos) como biofertilizante,

Materiales y Métodos

El experimento fue realizado en una parcela ubicada en la comunidad de Nuevo Ojital, Municipio de Papantla, Veracruz; a los 20°28 N y 97°23 O y a 210 msnm, cuenta con un clima cálido subhumedo con lluvias en verano (Aw), una precipitación de 1140 mm año^{-1}, relieve de sierra baja y la unidad edáfica predominante es el regosol (INEGI, 2009). La parcela tiene una superficie total de 0.5 ha, en donde se distribuyen las plantas de cacao establecidas mediante un diseño de bloques al azar, con una configuración de "tres bolillo" a 3.0 x 3.0 m. La plantación fue establecida en noviembre del 2012, dentro de un sistema agroforestal diversificado, donde el productor disponía de especies frutales y maderables como: *Citrus sinensis*, *Cedrela odorata*, *Musa paradisiaca*, entre otras. Las variedades clonales utilizadas fueron cuatro: 1) INIFAP 1 (RIM 76 A x EET 400), 2) INIFAP 8 (RIM 76 A x EFT 48), 3) INIFAP 9 (RIM 75 x SPA9) y 4) Carmelo 1 (Neocriollo), mismas que fueron proporcionadas por el Plan Cacao Nestlé México. Las variedades clonales se establecieron en función de la pendiente (de aprox. 30%), contando con 15 plantas por cada repetición, y un total de seis repeticiones.

Asimismo, las plantas fueron sometidas a dos tratamientos de fertilización: el primero (T1) consistía de un inoculante bacteriano mixto conformado con cepas de PGPR´s fijadoras de nitrogeno: *Azospirillum brasiliense* (UAP-151 y UAP-154) a una concentración de $3x10^8$ UFC g^{-1}; y solubilizadoras de fosfatos: *Cromobacterium violaseum* (BUAP 35) y *Acinetobacter calcoaceticus* (BUAP 40) a una concentración de $1.7x10^9$ UCF g^{-1}. Los microorganismos utilizados forman parte del cepario del Laboratorio de Microbiología de Suelos del Centro de Investigación en Ciencias Microbiológicas del I.C.U.A.P. Este inoculante fue aplicado a las plantas antes de la siembra en campo y a los cuatro meses posteriores se realizó una reinoculación. El segundo (T2) consistió de una formula convencional de NPK 10-30-10+EM (Elementos menores) recomendada por los técnicos agrícolas del Plan Cacao Nestlé de México; este fue aplicado al momento de la plantación. Además, se incluyó un testigo (T3) para contrastar los datos.

Las variables morfológicas evaluadas en las plantas fueron: altura y diámetro del tallo, número de ramas y hojas. Se realizaron dos registros de estas variables con aproximadamente un año de diferencia, siendo el último en julio de 2014; al mismo tiempo, se contabilizó el porcentaje de supervivencia, realizando posteriormente otro conteo en agosto de 2015. Se calcularon las tasas absolutas de crecimiento (TAC) de las plantas en este periodo, con la fórmula: TAC= $(M_2-M_1)/(t_2-t_1)$; Donde *M* son los datos individuales de cada registro y *t* es el periodo de tiempo (Barrera, 2010). Se realizaron análisis de varianza y pruebas de medias de Tukey ($p \leq 0.05$), utilizando el software InfoStat/Estudiantil® (Di Rienzo *et al.*, 2010).

Resultados y Discusión

En el periodo evaluado, la variedad INIFAP 9 presentó los valores más altos en altura (24.47 cm año^{-1}), diámetro (2.40 mm año^{-1}) y número de hojas (19.50 hojas año^{-1}), con diferencias estadísticas en esta última variable morfológica, mientras que para el número de ramas fue la variedad CARMELO 1 (4.35 ramas año^{-1}). Se obtuvieron resultados favorables con el T1 (inoculante), en cuanto a altura y diámetro, con incrementos de hasta 26.28 cm año^{-1} (14 al 65%) en altura, y 2.70 mm año^{-1} (21 al 26%) en diámetro, con diferencias significativas únicamente en altura. Debido posiblemente a la acción promotora del crecimiento de las cepas bacterianas, ya sea mediante la generación de auxinas (ácidos indólicos), o por la intervención en los ciclos biogeoquímicos a través de la fijación de nitrógeno de *A. brasiliense*, y a la solubilización de fosfatos de *C. violaceum* y *A. calcoaseticus*. (Peralta-Díaz, 2002; Camelo *et al.*, 2011; Vázquez y Cabañas, 2015). Con relación a estos resultados, existen otros experimentos en los que se utilizaron inoculantes bacterianos en plantas de cacao en sus primeras etapas, tales como: Aguirre *et al.* (2007), Egas-Yerobi (2010), Almeida *et al.* (2012), Argüello y Moreno (2014), pero todos ellos fueron llevados a cabo en condiciones controladas de vivero o invernadero, variando en aspectos como la variedad de planta o el tipo de biofertilizante. En general, en estos casos se obtuvieron efectos benéficos sobre las variables morfológicas de diámetro y altura con el uso de estos biofertilizantes. En contraste con lo anterior, para el caso del número de ramas y hojas, los incrementos más elevados correspondieron al T2 (químico) y T3 (testigo), que fueron de cerca de cuatro ramas año^{-1} (33 al 150 %) con el T2, y de alrededor de 15 hojas año^{-1} (35 al 108%) con el T3, sin diferencias significativas en ambos casos. Esto puede deberse al déficit hídrico presente en la región, aunado a la elevada pendiente del terreno que perjudica la retención de agua, lo cual puede estar inhibiendo parcialmente el desarrollo de las poblaciones microbianas del inoculante en el suelo (Bashan, 2008), y así, su efecto sobre el incremento en ramas y hojas. Esto se observó al comparar con Vázquez y Cabañas (2015), quien llevó a cabo un experimento similar en un sitio que no carece del recurso hídrico, encontrando un mayor desarrollo sobre estas variables morfológicas con el T1.

En el caso de los porcentajes de supervivencia de las plantas de cacao, en el primer conteo se obtuvo un promedio general de 80%, siendo los valores más altos los correspondientes al T3 (85%), y a la variedad INIFAP 8 (88%), mientras que en el conteo final, esta llegó a un promedio del 70%, siendo los más elevados los del T1 (74%); las variedad INIFAP 1 bajó hasta el 57%, a diferencia de las otras variedades que mantuvieron valores cercanos a 74%. Esta disminución del 10% en el promedio general de la supervivencia puede deberse, al igual que con el comportamiento observado en el crecimiento de las plantas con el inoculante, a la escasez de agua en la zona para este cultivo (Almeida y Valle, 2007; Avendaño, 2011; García-Lozano, 2014). Tomando en cuenta que durante seis meses los niveles de precipitación caen por debajo del mínimo requerido para el cultivo (Paredes *et al.*, 2004; De la Cruz *et al.*, 2010; SMN, 2015).

Conclusiones

La evaluación del crecimiento del cultivo de cacao en los primeros años de su establecimiento en campo nos proporciona una visión general de los factores agroecológicos y edafoclimáticos que intervienen o limitan el desarrollo vegetal, y que afectan a los productores al establecer una nueva plantación. Fue posible observar que en este caso el régimen de lluvias fue un factor limitante sobre el efecto del inoculante bacteriano sobre el crecimiento de las plantas de cacao, y sobre la supervivencia de las mismas. Bajo estas condiciones, el biofertilizante únicamente presentó efectos favorables en comparación con los otros tratamientos, en cuanto al diámetro y altura de las plantas; de las cuales, en esta etapa del desarrollo, las pertenecientes a la variedad INIFAP 9 presentaron una mejor adaptación a las condiciones del sitio. La implementación de tecnologías que ayuden a suplir este déficit podría arrojar resultados más favorables en un futuro.

Agradecimientos

A los dueños de la parcela de Nuevo Ojital, Papantla, Veracruz, por permitirnos montar el experimento y su colaboración dentro del proyecto. Al Plan Cacao Nestlé de México, por el financiamiento y por proporcionar las plantas. Al Laboratorio de Microbiología de Suelos del Centro de investigación de Ciencias Microbiológicas del I.C.U.A.P. por la elaborar y proporcionar los inoculantes bacterianos.

Referencias

Aguirre-Medina, J.F., Mendoza-López, A., Cadena-Iñiguez, J. y Avendaño-Arrazate, C.H. 2007. Efecto de la biofertilización en vivero de cacao (*Theobroma cacao* L.) con *Azospirillum brasilense* Terrand, Krieg et Döbereiner y *Glomus intraradices* Schenk et Smith. INTERCIENCIA 32: 541-546.

Argüello-Navarro, A.Z. y Moreno-Rozo, L.Y. 2014. Evaluación del potencial biofertilizante de bacterias diazótrofas aisladas de suelos de cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). Acta Agronómica 6: 238-245.

Avendaño-Arrazate, C.H., Villareal-Fuentes, J.M., Campos-Rojas, E., Méndez-Gallardo, R.A, Mendosa-López, A., Aguirre-Medina, J.F., Sandoval-Esquivez, A. Espinoza-Zaragoza, S. 2011. Diagnóstico del cacao en México. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México. 39 pp.

Barrera, J., Suarez, D. y Melgarejo, L.M. 2010. II. Análisis de crecimiento en plantas. En Melgarejo, L.M., Romero, M., Hernández, S., Barrera, J., Solarte, M.E., Pérez, V., Rojas, A., Cruz., M. Moreno, L., Crespo, S. y Perez, W. 2010. Experimentos de fisiología vegetal. Charlie´s impresores Ldta.: Colombia.

Bashan, Y. 2008. Prólogo, El uso de inoculantes bacterianos como una importante contribución al futuro de la agricultura mexicana. En La biofertilización como tecnología sostenible. Plaza y Valdez.: México, D.F, 17-23.

Camelo-R., M., Vera-M., S.P. y Bonilla-B., R.R. 2011. Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. *Corpoica*, Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 12: 159-166.

De la Cruz-Medina, J., Vargas-Ortiz, M.A. y Del Ángel Coronel, O.A. 2010. Cacao: Operaciones Postcosecha. Veracruz, México: Instituto Tecnológico de Veracruz, Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, FAO.

Di Rienzo, J.A., Balzarini, M.G., Casanoves, F., Gonzales, L.A., Tablada, E.M., y Díaz, M. 2001. Estadística para Ciencias Agropecuarias (4ta ed.). Córdoba, Argentina: Triunfar S.A.

Egas-Yerobi, J.J. 2010. Efecto de la inoculación con *Azotobacter sp*. En le crecimiento de plantas injertadas de cacao (*Theobroma cacao*), genotipo nacional, en la provincia Esmeraldas (Tesis de Licenciatura en Ingeniería Agroindustrial), Instituto Politécnico Nacional, Quito, Ecuador.

F. de Almeida, A.A. y Valle, R.R. 2007. Ecophysiology of cacao tree. Braz. J. Plant Physiology, 19: 425-448.

García-Lozano, J. 2014. Caracterización de las respuestas fisiológicas y bioquímicas en tres clones de cacao (Theobroma cacao L.) sometidos a diferentes niveles de estrés hídrico (Tesis doctoral en Ciencias Agropecuarias). Universidad Nacional de Colombia. Colombia.

Hipólito-Romero, E., López-Reyes, R., Del Amo-Rodríguez, S., Carcaño-Montiel, M.G., Vázquez y Cabañas, E.A., Ramos-Prado, J.M., Ricaño-Rodríguez, J. y Cerdán-Cabrera, C.R. 2015. Manejo de agroecosistemas tradicionales como estrategia para el aprovechamiento sostenible del suelo. En Loredo Osti, C., Lara-Mireles, J.L., Beltrán-López, S. y Valdez-Cepeda, R.D. (Compilación y Edición). 2015. Memorias del XL Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. 259-263.

INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Papantla, Veracruz de Ignacio de la Llave, Clave Geoestadística 30124. Veracruz.

Jaimez, R.E., Tezara, W., Coronel, I. y Urich R. 2008. Ecofisiología del cacao (Theobroma cacao): su manejo en el sistema agroforestal, sugerencias para su mejoramiento en Venezuela. Revista Forestal Venezolana, 52: 253-258.

Mendieta-López, M. y Rocha-Molina, L.R. 2007. Sistemas Agroforestales. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.

Nair, P.K.R., Kang, B.T. y Kass, D.C.L. 1995. Nutrient cycling and soil-erotion control in agroforestry systems. Agriculture and Environment: Bridging food production and enviromental protection in developing counties. ASA Special publication, 60: 117-138.

Paredes-Arce, M. y Montero-Palacios, O.R. (Ed.). 2004. Manual de cultivo de cacao. Perú: PROAMAZONIA-MINAG.

Rice, R. A. y Greenberg, R. 2000. Cacao cultivation and the conservation of the biological diversity. AMBIO: A Journey of the Human Environment, 29: 167-173.

Servicio Meteorológico Nacional. Normales climatológicas por estación-Veracruz. Estación 00030125, Normales 51-10. Consultado en julio de 2015 http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=164&tmpl=component

Somarriba, E. 2004. ¿Cómo evaluar y mejorar el dosel de sombra en cacaotales? Agroforesteria en las Américas, 41-42: 120-128.

Vázquez y Cabañas E. A. 2015. Efecto de los inoculantes bacterianos mixtos en el desarrollo morfológico de cacao *(Theobroma cacao L.).* (Tesis de Licenciatura en Ingeniería Agroforestal). BUAP, Puebla.

INDICADORES FISIOLÓGICOS Y BIOQUÍMICOS EN RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE DOSIS DEFICIENTES Y TÓXICAS DE NITRÓGENO

Sánchez-Chávez, E.[1*]; Romero L.[2]; Muñoz-Márquez, E.[1], Flores-Córdova, M.A.[1], Soto-Parra, J.M.[3], Ojeda-Barrios, D.L.[3], Preciado-Rangel, P.[4]

[1]Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Delicias, Chihuahua, México
[2]Universidad de Granada, Granada, España.
[3]Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, Chih., México.
[4]Instituo Tecnológico de Torreón. Torreón, Coahuila, México.

*Autor responsable: esteban@ciad.mx; Av. Cuarta Sur Núm. 3820, Fracc. Vencedores del Desierto, Ciudad Delicias, Chihuahua. México. CP 33089; Tel. +52(639)-4748400.

Resumen
El objetivo del presente trabajo fue estudiar los principales indicadores fisiológicos y bioquímicos relacionados con el estado nutricional del nitrógeno en respuesta a la aplicación de dosis deficientes y tóxicas de nitrógeno. El nitrógeno fue aplicado a la solución nutritiva en forma de NH_4NO_3 y en dosis crecientes: N1 = 1.5 mM, N2 = 3.0 mM, N3 = 6.0 mM, N4 = 12.0 mM, N5 = 18.0 mM y N6 = 24.0 mM de N. Los parámetros analizados fueron la acumulación de biomasa, rendimiento, la actividad Nitrato Reductasa, aminoácidos, proteínas, contenido de NO_3^- y N total. La aplicación de 6 mM de N (N3) resultó ser el tratamiento óptimo para un eficaz rendimiento de frutos, biomasa, actividad nitrato reductasa y productos de la asimilación de N (aminoácidos y proteínas), mientras que los tratamientos por debajo de N3, se caracterizaron por una disminución en la acumulación de biomasa, producción total de frutos, indicadores fisiológicos y bioquímicos. Finalmente, las dosis por encima del óptimo (N4, N5 y N6) dieron lugar a la disminución drástica del rendimiento, acumulación de biomasa, actividad nitrato reductasa, aminoácidos y proteínas, siendo estos parámetros buenos indicadores fisiológicos y bioquímicos para definir un estrés nutricional respecto a la aplicación de N.

Palabras clave
Phaseolus vulgaris L.; indicadores fisiológicos; indicadores bioquímicos; nitrógeno.

Introducción
El análisis de la concentración de nutrientes en tejidos vegetales es una técnica de uso muy generalizado como método para evaluar el estado nutricional de las plantas; sin embargo, el análisis foliar, como método de diagnóstico es insuficiente, pero necesario, sino va acompañado del análisis de indicadores fisiológicos y bioquímicos (análisis enzimáticos) (Romero, 1995; Bourret *et al*., 2009). El N es utilizado para la formación de aminoácidos esenciales que forman parte de las proteínas necesarias para la planta, así como, para formación de enzimas y complejos enzimáticos que darán lugar a una gran cantidad de procesos vitales para la vida vegetal (Friedman, 2004). En los últimos años se están realizando estudios sobre los cambios de la actividad metabólica, enzimática y fisiológica producidos por deficiencia, toxicidad o inducción de respuestas en plantas y tejidos por la acción de un nutriente a través de métodos bioquímicos mediante la actividad de ciertas enzimas, dependiendo del nivel nutricional (Romero, 1995). El proceso de asimilación de nitrógeno por las plantas requiere la toma de nitrato (NO_3^-), la reducción a nitritos (NO_2^-), la conversión de NO_2^- a

amonio (NH_4^+) y la incorporación de NH_4^+ en compuestos orgánicos (Stitt, 1999). La actividad de la enzima nitrato reductasa, como la primera enzima que interviene en asimilar el N-NO_3^-, es fundamental para la vida de las plantas (Sagi *et al*., 1998), además de ser la enzima clave en el proceso global de asimilación del N (De la Haba *et al*., 2001). El objetivo del presente trabajo fue estudiar los principales indicadores fisiológicos y bioquímicos relacionados con el estado nutricional del nitrógeno en respuesta a la aplicación de dosis deficientes y tóxicas de nitrógeno.

Materiales y Métodos

Las semillas del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Strike fueron germinadas en una cámara a 28°C durante 48 h. Posteriormente, las plantas de frijol ejotero fueron cultivadas en cámara de cultivo en Granada, España, bajo condiciones ambientales controladas: humedad relativa de 60-80%, temperatura 28/22°C (día/noche), fotoperiodo de 16/8 h (día/noche) e intensidad luminosa de 350 µmol m^{-2} s^{-1}. Las plantas crecieron en macetas individuales (25 cm de diámetro superior y 25 cm de altura) de 8 L, rellenas completamente con vermiculita. Durante 30 días a partir del trasplante y antes de la aplicación de los tratamientos experimentales, las plantas recibieron una solución nutritiva completa de Hoagland (pH 6.0-6.1), la cual fue renovada cada 3 días y estuvo compuesta de: 6 mM de NH_4NO_3, 1.6 mM de K_2HPO_4, 2.4 mM de K_2SO_4, 4.0 mM de $CaCl_2$•$2H_2O$, 1.4 mM de $MgSO_4$, 5 µM de Fe-EDDHA, 2 µM de $MnSO_4$•H_2O, 1.0 µM de $ZnSO_4$•$7H_2O$, 0.25 µM de $CuSO_4$•$5H_2O$, 0.3 µM de $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$•$4H_2O$ y 0.5 µM de H_3BO_3 preparada con agua destilada. El pH de la solución osciló entre 5.5 y 6.0. Posteriormente, 30 días después de la germinación, durante 30 días se aplicaron los siguientes tratamientos de N en la forma de NH_4NO_3: N1 = 1.5 mM, N2 = 3.0 mM, N3 = 6.0 mM, N4 = 12 mM, N5 = 18 mM y N6 = 24 mM, y se consideró la dosis N3 como la óptima, según Carbonell-Barrachina *et al*. (1997). El diseño experimental consistió en la distribución al azar de los distintos tratamientos y de sus repeticiones. Cada tratamiento tuvo seis repeticiones con cuatro plantas tratadas por repetición.

Las plantas completas fueron muestreadas a los 60 días después de germinadas, en la fase fenológica de desarrollo completo y madurez del fruto. Las raíces y hojas fueron lavadas tres veces con agua destilada y detergente no iónico al 1% (Wolf, 1982). El material fresco se utilizó para el análisis de la actividad Nitrato Reductasa, aminoácidos y proteínas solubles; mientras que el material seco fue utilizado para la cuantificación de la biomasa, rendimiento, contenido de NO_3^- y N total. Para cada variable analizada se utilizaron cuatro repeticiones por tratamiento. Todos los datos fueron sometidos a análisis de varianza. Para la diferencia entre las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de LSD a 95% (SAS, 1987). Los niveles de significancia de ambos análisis fueron expresados como: *$p < 0.05$; **$p<0.01$; ***$p<0.001$ y NS (no significativo).

Resultados y Discusión

Producción de biomasa

En previos trabajos, se ha visto que la acumulación de biomasa es uno de los parámetros esenciales en la investigación sobre eficiencia de nutrientes. En plantas, el estrés afecta negativamente el crecimiento y desarrollo, y también genera especies de oxígeno reactivo (EOR), los cuales dañan numerosas macromoléculas y estructuras celulares. Consecuentemente, bajo condiciones adversas, uno de los más confiables y ampliamente usados indicadores del estrés en las plantas es la biomasa (Blasco *et al*., 2008). En el presente experimento, el tratamiento N3 mostró la máxima producción de biomasa foliar, con un incremento de 43%, en relación a N6 que presentó el valor mínimo (Tabla 1, $P < 0.01$). El tratamiento N1 presentó la mayor biomasa radicular con un incremento de 51% en

relación a N6, que mostró la biomasa radicular más baja (Tabla 1, $P < 0.01$).

La aplicación de 6 mM de N (N3) resultó ser el mejor tratamiento para minimizar la producción de biomasa foliar y radical en plantas de frijol ejotero. Así, los tratamientos por debajo de N3 (N1 y N2) poder ser considerados como deficientes en N, y se caracterizaron por aumentar el crecimiento radical y reducir el crecimiento de la parte aérea y, por tanto, incrementan el cociente raíz/parte aérea. Por otro lado, las dosis por encima del óptimo, es decir N4, N5 y N6, se podrían considerar como de elevadas a tóxicas por la disminución que provocaron de crecimiento radical y, sobre todo de la parte aérea.

Al igual que lo observado para la producción de biomasa por efecto de la aplicación de N, encontramos diferencias significativas en el rendimiento de frutos, presentando el tratamiento N3, el máximo rendimiento, con incrementos de 54%, en relación al tratamiento N6 donde se presentaron los valores mínimos (Tabla 1, $P < 0.01$).

Tabla 1. Efecto de los tratamientos de N sobre rendimiento de frutos, acumulación de biomasa foliar y radicular en frijol ejotero.

Tratamiento	Biomasa Foliar	Biomasa Radicular	Rendimiento
N1	0.903	0.681	0.75
N2	1.209	0.450	0.859
N3	1.420	0.432	1.283
N4	1.238	0.385	1.201
N5	0.901	0.345	0.758
N6	0.803	0.336	0.587
LSD	**	**	*

El N es uno de los nutrientes que afecta de forma más significativa tanto el rendimiento como a la calidad de los productos agrícolas (Ruiz y Romero, 1999; Víllora *et al*., 2004). Así, un empleo excesivo de N puede provocar un descenso en el rendimiento y calidad, con lo que el rendimiento económico disminuirá considerablemente (Huett y Dettmann, 1991), mientras que, si el aporte de N es el adecuado, el rendimiento aumenta (Maier *et al*., 1994). En nuestro experimento, el rendimiento de frutos fue incrementando hasta el tratamiento N3, y posteriormente disminuyó drásticamente con la aplicación de los tratamientos N4, N5 y N6 (reducción de hasta un 51% en relación a N3), indicando que éstos tratamientos fueron perjudiciales para el cultivo de judía. En resumen, comentar que la aplicación de 6 mM de N (N3) resultó ser el tratamiento óptimo para un eficaz rendimiento, mientras que los tratamientos por debajo de N3, se caracterizaron por un menor rendimiento. Finalmente, las dosis por encima del óptimo (N4, N5 y N6) dieron lugar a la disminución drástica del rendimiento, siendo estos parámetros buenos indicadores para definir un estrés nutricional respecto al N.

El crecimiento de la planta es dependiente de un adecuado aporte de N para formar aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos y otros constituyentes celulares. Después de muchos estudios se ha comprobado que la etapa limitante para la asimilación de N es la reducción de los NO_3^- a NO_2^- catalizado por la enzima NR (Sivasankar y Oaks, 1996). Posteriormente, la enzima NiR convierte el NO_2^- a NH_4^+ (Sivasankar y Oaks, 1996; Migge y Becker, 1996), siendo ambas enzimas, NR y NiR, inducidas por los mismos factores (Oaks, 1994). Uno de los principales factores que regulan tanto a la actividad NR como a la actividad NiR es la disponibilidad de NO_3^- (Campbell, 1996). En nuestro experimento, la actividad NR (Tabla 2, $P < 0.01$) presentó un comportamiento similar a la concentración de NO_3^-, observándose las mínimas actividades en el tratamiento N1 tanto en raíces

como en hojas, en relación a las máximas actividades obtenidas en el tratamiento N6. Los datos de la actividad NR junto con las concentraciones de NO_3^- en raíces y hojas confirman el exceso de la absorción y translocación de NO_3^- encontrada en el tratamiento N6. Además, indicar como ha sido observado en muchos trabajos (Sivasankar y Oaks, 1996; Ruiz *et al*., 1998) que la máxima reducción de NO_3^- se produce en las hojas (Tabla 2, $P < 0.01$) lo que nos sugiere que la mayor parte de los NO_3^- son absorbidos y posteriormente traslocados hacia las hojas donde son principalmente reducidos.

Los productos finales de la asimilación del N en las plantas son principalmente aminoácidos, proteínas y N total (Barneix y Causin, 1996). Nuestros resultados muestran que estos compuestos nitrogenados incrementaron con las dosis de N, presentándose las máximas concentraciones en el tratamiento N6 en raíces y hojas, y las mínimas en el tratamiento N1 (Tabla 2, $P < 0.01$). En cuanto a la concentración del N total, éste presentó el mismo comportamiento que el que acabamos de describir para el N orgánico. Finalmente, resaltar que los máximos contenidos de estas formas nitrogenadas se presentaron en las hojas.

Considerando estos resultados, sugerimos que las plantas de judía carecen de mecanismos eficaces que evitan la reducción de la absorción y asimilación de N cuando la acumulación intracelular de fracciones nitrogenadas inorgánicas (NO_3^- y NH_4^+) sobrepasan el poder de asimilación de éstas. Por lo tanto, la acumulación de NO_3^- y NH_4^+ que se produce a partir del tratamiento N4, y en especial en el tratamiento N6, podría ser la causa de la toxicidad que presentan estas plantas, lo que se reflejaría en la reducción de biomasa y productividad ya indicado anteriormente.

Tabla 2. Efecto de los tratamientos de N sobre la actividad Nitrato Reductasa (NR), Contenido de NO_3^-, N total, aminoácidos y proteínas.

Tratamiento	Actividad NR	NO_3^-	N total	Aminoácidos	Proteínas
			Raíces		
N1	0.018	1.30	27.53	0.25	1.32
N2	0.024	2.50	30.80	0.33	1.41
N3	0.035	4.02	9.82	0.62	1.74
N4	0.042	4.26	43.53	0.68	2.77
N5	0.051	4.34	46.17	1.48	3.48
N6	0.075	4.76	47.59	1.88	4.64
LSD	*	**	**	***	**
			Hojas		
N1	0.028	0.50	29.91	0.95	5.66
N2	0.045	1.00	33.44	1.33	7.03
N3	0.071	2.60	45.83	1.92	7.20
N4	0.080	3.40	50.58	4.32	8.33
N5	0.140	4.77	73.41	5.83	12.21
N6	0.165	5.19	76.33	7.18	14.67
LSD	**	***	***	***	**

Conclusiones

La aplicación de 6 mM de N (N3) resultó ser el tratamiento óptimo para un eficaz rendimiento de frutos, biomasa, actividad nitrato reductasa y productos de la asimilación de N (aminoácidos y proteínas), mientras que los tratamientos por debajo de N3, se caracterizaron por una disminución en la acumulación de biomasa, producción total de frutos, indicadores fisiológicos y bioquímicos.

Finalmente, las dosis por encima del óptimo (N4, N5 y N6) dieron lugar a la disminución drástica del rendimiento, acumulación de biomasa, actividad nitrato reductasa, aminoácidos y proteínas, siendo estos parámetros buenos indicadores fisiológicos y bioquímicos para definir un estrés nutricional respecto a la aplicación de N.

Referencias

Barneix AJ, Causin HF. 1996. The central role of amino acids on nitrogen utilization and plant growth. J. Plant Physiol. 149: 358-362.

Blasco B, Rios JJ, Cervilla LM, Sánchez-Rodríguez E, Ruiz JM, Romero L. 2008. Iodine biofortification and antioxidant capacity of lettuce patential benefits for cultivation and human health. Ann. Appl. Biol. 152: 289-299.

Bourret MM, Brummer JE, Leininger WC. 2009. Establishment and growth of two willow species in a riparian zone impacted by mine tailings. Journal of Environmental Quality 38: 693–701.

Campbell WH. 1996. Nitrate reductase biochemistry comes of age. Plant Physiol. 111: 355-361.

Carbonell-Barrachina AC, Burló-Carbonell F, Mataix-Beneyto J. 1998. Response of bean micronutrient nutrition to arsenic and salinity, J. Plant Nutr. 21: 1287-1299.

De la Haba P, Agüera E, Benitez L, Maldonado JM. 2001. Modulation of nitrate reductase activity in cucumber (*Cucumis sativus*) roots. Plant Science 161: 231–237.

Friedman M. 2004. Applications of the ninhydrin reaction for analysis of amino acids, peptides, and proteins to agricultural and biomedical sciences. Journal of Agricultural and Food Chemistry 52: 385-406.

Huett DO, Dettmann EB. 1991. Nitrogen response surface models of zucchini squash, lettuce and potato. I. Effect of N on growth, dry matter partitioning and fresh yield and quality. Plant Soil. 134: 243-254.

Maier NA, Dahlenburg AP, Williams CMJ. 1994. Effect of nitrogen, phosphorus, and potassium on yield, specific gravity, crisp colour, and tuber chemical composition of potato (*Solanum tuberosum* L.) cv. Kennebec. Aust. J. Exp. Agric. 34: 813-824.

Migge A, Becker TW. 1996. In tobacco leaves, the genes encoding the nitrate-reducing or the ammonium-assimilating enzymes are regulated differently by external nitrogen-sources. Plant Physiol. Biochem. 34: 665-671.

Oaks A. 1994. Primary nitrogen assimilation in higher plants and its regulation. Can. J. Bot. 72: 739-750.

Romero LM. 1995. Algunos aspectos de la nutrición mineral de las plantas. Depto. De fisiología vegetal, Fac. de Ciencias, Universidad de Granada, España. 206 p.

Ruiz JM, Bretones G, Baghour M, Belakbir A, Romero L. 1998. Relationship between boron and phenolic metabolism in tobacco leaves. Phytochem. 48: 269-272.

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

Sagi M, Dovrat A, Kipnis T, Lips H. 1998. Nitrate reductase, phosphoenolpyruvate carboxilase, and glutamine synthetase in annual ryegrass as affected by salinity and nitrogen. Journal Plant Nutrition 21: 707-723.

SAS. 1987. SAS/STAT Guide for Personal Computers. Version 6; Statistical Analysis System Institute, Inc.: Cary NC. P. 1028-1056.

Sivasankar S, Oaks A. 1996. Nitrate assimilation in higher plants: the effect of metabolites and light. Plant Physiol. Biochem. 34: 609-620.

Stitt, M. 1999. Nitrate regulation of metabolism and growth. Current Opinion in Plant Biology 2: 178-186

Víllora G, Moreno DA, Romero L. 2004. Crop quality under adverse conditions: importance of determining the nutritional status. In: Crop management and postharvest handling of horticultural crops. Vol. III. Crop fertilization, nutrition and growth. Dris R, Niskanen R, Jain SM (eds.). Science Publishers, Inc. pp. 55-76.

Wolf B. 1982. A comprehensive system of leaf analysis and its use for diagnosing crop nutrients status. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 13: 1035-1059.

DINÁMICA DE EMISIÓN DE CO_2 POR LA DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS DE CULTIVOS APLICADOS AL SUELO

Sánchez-Mendoza, S.M.[1*]; Arriaga-Vázquez, A.M.[2]; Benedicto-Valdés, G.S.[3]

[1] Programa de Botánica, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. México
[2] Programa de Hidrociencias, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. México
[3] Programa de Edafología, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. México

*Autor responsable: selene.sanchez.unam@gmail.com; Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP 56230. Teléfono +52 (595) 952 02 00 Ext. 1330.

Resumen
Con el objetivo de estudiar la dinámica de liberación de CO_2 por efecto de la incorporación de residuos de cultivo de maíz, trigo, avena, frijol, cacahuate forrajero, kudzu y girasol a un suelo Mollic Ustifluvents de textura arenosa, y de conocer el efecto de dos diferentes dosis de incorporación (2.5 y 5%), se realizó un estudio de incubación de CO_2 en medio cerrado. Los resultados mostraron que la adición de residuos de cultivos al suelo aumenta la emisión de CO_2 a la atmósfera debido a la promoción de la actividad de la biomasa microbiana. La dinámica de emisión de este gas fue máxima durante los primeros diez días de incubación (ddi) y disminuyó conforme aumentaron los ddi mostrando un comportamiento logarítmico. No se observaron diferencias estadísticas significativas entre tipo de cultivo aplicado, pero si entre dosis. La dosis de aplicación de 5% acumuló la mayor cantidad de CO_2 emitido, pero presentó las menores tasas de mineralización relativa.

Palabras clave
Incubación de CO_2; tasa relativa de mineralización; Mollic Ustifluvents

Introducción
El pobre contenido de materia orgánica de los suelos de México es una limitante para la fertilidad del suelo y por consecuencia para la producción de alimentos, por lo que las prácticas encaminadas al aumento del contenido de carbono orgánico del suelo son importantes. Una de ellas es la incorporación de material vegetal de residuos de cosecha o de cultivos de cobertura al suelo (Hooker, *et al.*, 2008). Sin embargo, cuando los residuos vegetales son adicionados al suelo, diversos compuestos orgánicos son descompuestos por la biomasa microbiana dando lugar a la emisión de CO_2 a la atmósfera lo cual podría favorecer el crecimiento de las plantas vecinas, pero también el cambio climático.

La descomposición de la materia orgánica es un proceso llevado a cabo por organismos heterótrofos que utilizan al material orgánico como hábitat, fuente de carbono y energía, por lo que el CO_2 es producido por el metabolismo de la biomasa microbiana y de las raíces de la planta, siendo la descomposición microbiana de compuestos orgánicos el proceso que genera la mayor proporción. Durante la descomposición, una parte del carbono es devuelto a la atmósfera en forma de CO_2, mientras que otra se transforma en otros compuestos más sencillos o se almacena en las propias estructuras microbianas. En particular, la respiración metabólica de la comunidad de organismos

asociados al detritus orgánico es el proceso que libera el carbono hacia la atmósfera en forma de CO_2 (Guerrero, *et al.* 2012; Pérez et al., 1998).

La mineralización de la materia orgánica es un factor de suma importancia en el mantenimiento de la fertilidad de los suelos, puesto que a través de este proceso se reciclan nutrimentos como nitrógeno, fósforo y azufre (van Amelsvoort *et al*. 1988; Coûteaux *et al.* 1995) y depende tanto de las características físicas y químicas del suelo, como del tipo de material vegetal que sea adicionado a éste. Con base en lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivos: a) Estudiar la dinámica de emisión de CO_2 en el tiempo, por efecto de la incorporación de residuos de diferentes especies de cultivo y b) Evaluar el efecto sobre la emisión de CO_2 de dos dosis de incorporación de residuos.

Materiales y Métodos

Toma de muestras y descripción del suelo en estudio

Las muestras de suelo utilizadas en el estudio fueron tomadas en enero de 2016 de una parcela experimental cercana a la estación Agrometeorológica del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México (19º 29'N, 98º 54' O). Este suelo pertenece a la serie Estación Meteorológica clasificado por Ortiz *et al.*, 2012 como Mollic Ustifluvents, con textura migajón arenosa (71, 13 y 16% de arena, limo y arcilla, respectivamente), densidad aparente de 2 g cm^{-3} y contenido de carbono orgánico de 1.5%. La profundidad de muestreo fue de 0 a 15cm y se constituyó una muestra compuesta de 3 kg, la cual fue tamizada a 2mm y secada al aire hasta peso constante.

Material vegetal

De predios de cultivo del Campus Montecillo fueron colectados: maíz (*Zea mays* L. *sbsp.* mays) y trigo (*Triticum aestivu,* L.) en etapa vegetativa; frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en floración, rastrojo de avena (*Avena* sativa L.) y residuos del receptáculo de girasol (*Helianthus annus* L.) molido. Del municipio de Autlán, Jalisco, México se colectaron plantas de cacahuate forrajero (*Arachis pintoi* Krapov. & W.C. Greg.) y kudzu (*Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth.) en floración. El material vegetal fue secado a temperatura ambiente hasta alcanzar peso constante y posteriormente cortado en fragmentos de aproximadamente 2cm por lado.

Preparación de las muestras y diseño de tratamientos

En 45 frascos de vidrio de 400ml de capacidad con tapa, se depositaron 50g de suelo y se humedeció con agua destilada al 30% (con base en peso) para emular las condiciones de capacidad de campo. La humedad fue mantenida contante a lo largo de todo el periodo de incubación.
Los tratamientos consistieron en la aplicación de dos dosis (2.5 y 5% con base en peso) de residuos de los cultivos antes mencionados más un testigo en el que se colocó solamente el suelo húmedo. Las unidades experimentales consistieron en los frascos de 400ml y el diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones.

Medición de CO_2

La variable evaluada fue la emisión de CO_2 producido por la biomasa microbiana durante la descomposición de los residuos de cultivo. La liberación de CO_2 fue medida cada tres días durante los 37 días que duró el periodo de incubación. Se utilizó el método de incubación en medio cerrado con 5ml de NaOH 1N descrito por Anderson (1982); la emisión de CO_2 se determinó por medio de titulación con HCL 0.1N utilizando como indicador 2 gotas de fenoftaleína al 1% después de precipitar los carbonatos con 3ml de $BaCl_2$ al 2%. Se incluyeron cuatro frascos blanco para conocer la cantidad de CO_2 presente en el frasco y poder calcular, mediante el modelo propuesto por Anderson (1982) la emisión de CO_2 en mg.
La acumulación de CO_2 se determinó sumando los mg acumulados en cada medición y se sometió a un análisis de varianza mediante el programa SAS. La tasa relativa de mineralización (TRM) se calculó de acuerdo al modelo presentado en Guerrero *et al.* (2012) y representa la eficiencia del material vegetal para mineralizarse

en un tiempo determinado y es expresada en gramos de mineralización ganados por gramo de mineralización existente por unidad de tiempo (g g^{-1} $día^{-1}$); mediante la siguiente fórmula: TRM = (ln P2-ln P1)/(t2-t1) donde: t2 – t1=intervalo de tiempo entre muestreos y P2-P1= mineralización medida por dos días consecutivamente.

Resultados y Discusión

Dinámica de emisión de CO_2

Durante los primeros diez días de incubación, se observaron las más altas tasas de liberación de CO_2 del estudio en casi todos los materiales, periodo después del cual, la respiración microbiana se hizo menos intensa observando tasas de liberación menores (Figura 1). Lo anterior concuerda con otros estudios como el realizado por Guerrero, *et al* .(2012) en el que encontraron que la incorporación de abonos de *Lupinus* composteado y fresco mostraba emisiones de CO_2 altas al principio del periodo de incubación y de ahí disminuían de manera fluctuante hasta terminar el estudio. Este fenómeno puede explicarse considerando que la aplicación de material vegetal reciente al suelo que es rico en sustancias de fácil degradación como proteínas y azúcares detona una alta actividad microbiana que va disminuyendo a medida que las sustancias de fácil descomposición van agotándose y quedan las de naturaleza más recalcitrante (Lerch, *et al.*, 1992). Rivero y Hernández (2001) también mencionan que las fracciones lábiles presentes en el material añadido se presentan durante los primeros días de la incubación y provocan un aumento en la producción de energía para el crecimiento de la biomasa microbiana.

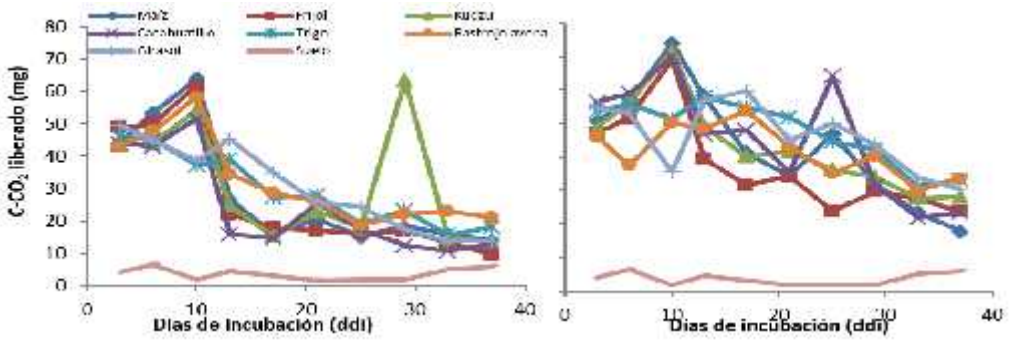


Figura 1. Dinámica de emisión de CO_2 (mg CO_2 por muestra) por efecto de la aplicación de dos dosis de residuos de cultivos a un suelo arenoso. Izquierda: dosis 2.5% y b) 5%.

Fue posible notar también que la actividad microbiana fue mayor conforme fue mayor la dosis de aplicación de residuos vegetales, ya que cuando fueron aplicados residuos en 2.5%, la liberación de CO_2 fluctuó entre 10 y 60 mg de CO_2 por muestra, y cuando fue aplicado el 5%, varió entre 16 y 76 mg debido a que una mayor cantidad de sustrato puede mantener una mayor actividad respiratoria de la biomasa microbiana.

La dinámica de emisión de CO_2 en función al tipo de planta añadida fue variable, pero no mostró un patrón uniforme, así la aplicación de leguminosas como el cacahuate forrajero, el kudzu o el frijol que son materiales con baja relación C:N no mostraron diferencias notables en las tasas de emisión de gas, comparados con la adición de gramíneas frescas y secas como lo son el maíz, trigo o rastrojo de avena que poseen relaciones C:N más altas.

Liberación total de CO_2 por efecto de la aplicación al suelo de residuos de cultivos

La cantidad de CO_2 acumulada durante los 33 días de incubación y producto de la actividad biológica en función del material vegetal aplicado al suelo fuera variable. Se encontraron diferencias estadísticas significativas por efecto de la dosis de aplicación. La dosis de 5% fue la que produjo las más altas acumulaciones de CO_2 liberado (437 mg CO_2, en promedio) sin importar el tipo de cultivo aplicado; la dosis de 2.5 mostró menor CO_2 acumulado (293 mg, en promedio) (Figura 2 y Cuadro 1).

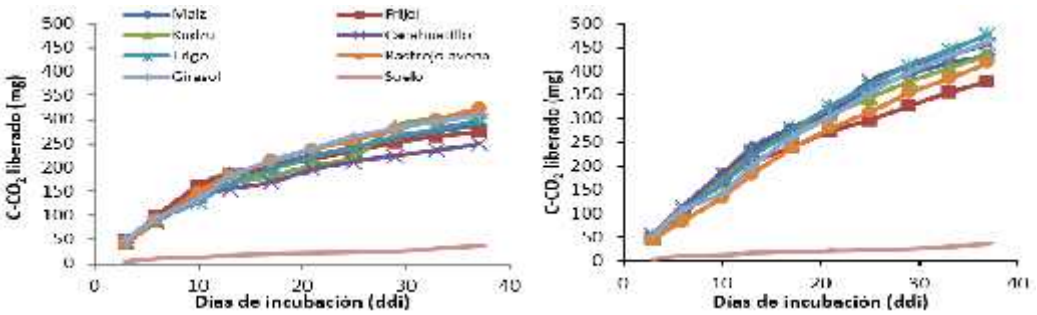


Figura 2. Acumulación de CO_2 liberado (mg CO_2 por muestra) por efecto de la aplicación de dos dosis de residuos de cultivos a un suelo arenoso. Izquierda: dosis 2.5% y b) 5%.

El comportamiento de acumulación de CO_2 podría ser descrito a través de un modelo logarítmico del tipo y = a + b ln(x) ya que como ha sido señalado en otros estudios (Acosta *et al.*, 2006; Guerrero *et al.* 2012) el proceso de mineralización de carbono describe dos etapas secuenciales, en la primera ocurre un incremento acusado en la actividad biológica y degradación de sustancias de fácil degradación como azúcares, lípidos, fenoles y ácido orgánicas por efecto de la actividad de la biomasa microbiana, lo cual a su vez, estimula el crecimiento y la respiración de ésta, ya que son fuente de carbono y energía de utilización rápida. La segunda etapa está definida por la disminución de la liberación de CO2 con su consecuente decremento en la actividad biológica como consecuencia del agotamiento de las sustancias lábiles, lo cual conlleva a la estabilización al final del proceso. En lo relativo al tipo de material vegetal aplicado, el rastrojo de avena fue el que presentó la mayor cantidad de CO_2 emitida, seguida de kudzu y girasol. Las menores cantidades de CO_2 acumulado se encontraron en cacahuate forrajero y frijol. Sin embargo, no se observaron diferencias estadísticas significativas por efecto del tipo de cultivo aplicado al suelo, pero sí entre la aplicación o no, ya que en ambas dosis de aplicación, fue posible obtener diferencias altamente significativas en relación al suelo sin aplicación de material vegetal, lo cual concuerda con lo observado por León-Nájera, *et al.*(2006) quienes observaron diferencias estadísticas significativas en la liberación de CO_2 entre suelos con y sin aplicación de residuos, pero también entre el tipo de residuos utilizado, situación no detectada en el presente estudio.

Cuadro 1. CO_2 acumulado al final de 37 días de incubación en medio cerrado de dos dosis de aplicación de residuos de cultivo al suelo.

Cultivo	**Dosis 2.5%**		**Dosis 5%**	
Avena	323.17	a	476.50	a
Kudzú	314.43	a	462.83	a
Girasol	309.09	a	456.65	a
Trigo	299.05	a	434.77	a
Maíz	288.37	a	434.10	a
Frijol	273.80	a	417.92	a
Cacahuate	248.21	a	377.62	a
Suelo	36.47	b	36.47	b
Prob. F	**		**	
C.V. (%)	10.9		10.9	
DMS ($Tukey_{0.05}$)	81.2		119.5	

En cada columna medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey P ≤ 0.05) ** : P ≤ 0.01; DMS = diferencia mínima significativa (Tukey P ≤ 0.05). C.V. = Coeficiente de variación.

Tasa relativa de mineralización

La velocidad o tasa de mineralización de los residuos orgánicos expresa el porcentaje de carbono inicial que se mineraliza en un periodo de tiempo determinado. La TMR depende de la acumulación de carbono en el tiempo y en general, se observó que fue máxima al principio de la incubación y posteriormente experimentó reducciones hasta ser mínima al final del estudio (Figura 3). Lo cual se encuentra en concordancia con los resultados de Guerrero, *et al.* (2012) quienes señalan que este comportamiento es predecible ya que a medida que aumentan los días de incubación, el carbono presente en el material vegetal aplicado al suelo se va agotando. Las más altas TMR se presentaron en la dosis de 2.5%, probablemente debido a que con la adición de una menor cantidad de material vegetal, es menor la cantidad de carbono adicionada, por lo que se agota más rápidamente. Los valores de la TRM entre cultivos fueron similares y no mostraron diferencias estadísticas significativas.

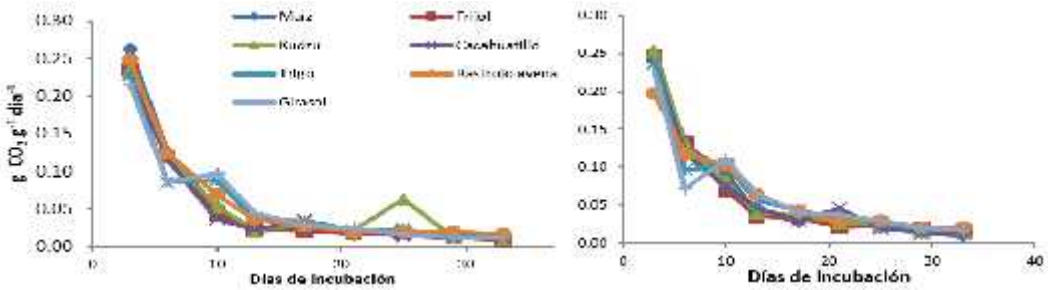


Figura 3. Tasa relativa de mineralización de carbono (g CO_2 g^{-1} $día^{-1}$) por efecto de la aplicación de dos dosis de residuos de cultivos a un suelo arenoso. Izquierda: dosis 2.5% y b) 5%.

Conclusiones

La adición de residuos de cultivos al suelo aumenta la emisión de CO_2 a la atmósfera debido a la promoción de la actividad de la biomasa microbiana.

La dinámica de liberación de CO2 en el tiempo de la incubación fue máxima durante los primeros días y disminuyó paulatinamente hasta el final del periodo de incubación.

La dosis de aplicación 5% acumuló la mayor cantidad de CO2 emitido, pero presentó las menores tasas de mineralización relativa.

Referencias

Acosta, Y., J. Cayama, E. Gómez, N. Reyes, D. Rojas y H. García. 2006. Respiración microbiana y prueba de fitotoxicidad en el proceso de compostaje de una mezcla de residuos orgánicos. Multiciencias 6: 220-227.

Coûteaux MM, Bottner P, Berg B (1995) Litter decomposition, climate and litter quality. Tree 10 (2): 63-66

Guerrero-Ortiz, P., Quintero-Lizaola, R., Espinoza-Hernández, V., Benedicto-Valdés, G. y Sánchez-Colín, M. 2012. Respiración de CO2 como indicador de la actividad microbiana en abonos orgánicos de Lupinus. Terra Latinoamericana 30(4): 355-362.

Hooker, K.V., C. E. Coxon, R. R. Hackett, L.E. Kirwan, E. E. O'Keeffe, K. G. Richards. 2008. Evaluation of cover crop and reduced cultivation for reducing nitrate leaching in Ireland. *Journal of Environmental Quality* 37: 138-145

León-Nájera, J., Gómez-Álvarez, R., Hernández-Daumás, S., Álvarez-Solís, J. y Palma-López, D. 2006. Mineralización en suelos con incorporación de residuos orgánicos en los altos de Chiapas, México. Universidad y Ciencia 22(2): 163-174.

Lerch, R. N., K. A. Barbarick, L. E. Sommers, and D. G. Westfall. 1992. Sewage sludge proteins as labile carbon and nitrogen sources. Soil. Sci. Soc. Am. J. 56: 1470-1476.

Pérez B., P., G. Ouro, A. Merino y F. Macías. 1998. Descomposición de materia orgánica, biomasa microbiana y emisión de CO2 en un suelo forestal bajo diferentes manejos sevícolas. Edafología 5: 83-93.

Van Amelsvoort PAM, van Dongen M, van der Werff PA (1988) The impact of Collembola on humification and mineralization of soil organic matter. Pedobiología 31: 103-111.

CONTENIDO DE NITRÓGENO, CLOROFILA, BIOMASA Y ACTIVIDAD NITRATO REDUCTASA EN SEMILLAS DE FRIJOL BIOFORTIFICADO CON HIERRO Y ZINC

Sida-Arreola, J.P.[1]; Sánchez-Chávez, E.[1]*; Ávila-Quezada, G.D.[2]; Ojeda-Barrios, D. L.[2]; Muñoz-Márquez, E.[1]

[1]Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Delicias. Av. 4a. Sur 3820, Fracc. Vencedores del Desierto, Cd. Delicias, Chihuahua. México. C.P. 33089. Tel/Fax: 639-4748400 Ext. 102.
[2]Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Escorza 900 Col. Centro. C. P. 31000. Chihuahua, Chihuahua, México.

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

Resumen
El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la biofortificación con hierro (Fe) y zinc (Zn) sobre el metabolismo nitrogenado y producción de biomasa total en semillas y plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. "Strike". El experimento se realizó en invernadero y las plantas se desarrollaron en macetas con capacidad para 8 L. Como sustrato se emplearon perlita, agrolita y vermiculita en proporción de 3:1:1, respectivamente. Los niveles de Fe y Zn fueron: 0, 25, 50 y 100 µM, en las formas de quelatos y sulfatos. La biofortificación con hierro y zinc mejoraron la producción de compuestos nitrogenados y la calidad nutricional del frijol, considerados los principales componentes de calidad del frijol. Se obtuvo un aumento significativo en cuanto a la producción de biomasa tanto en los tratamientos de hierro como en los de zinc, así como en el contenido de clorofila total y actividad nitrato reductasa "*in vivo*", lo cual se relaciona con la concentración de nitrógeno, la cual se mantuvo en el rango de suficiencia en todos los tratamientos.

Palabras clave
Biofortificación; metabolismo nitrogenado; *Phaseolus vulgaris*

Introducción
Las leguminosas tienen un aporte importante a la nutrición humana, en lo referente a la concentración de aminoácidos y mediante el suministro de micronutrientes (Blair *et al*., 2009). Una de las leguminosas más importantes es el frijol (Phaseolus vulgaris L.), ya que se cultiva ampliamente en todo el mundo por el alto valor nutricional de sus semillas y por su contenido de proteínas (FAO, 2009). El nitrógeno (N) es uno de los principales nutrientes para el desarrollo de las plantas y es requerido en concentraciones de entre 2 y 5 % del peso seco de la planta, ya sean partes vegetativas, frutos o tubérculos (Daliparthy *et al*., 1994; Marschner, 1995). Participa directamente en la síntesis de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos y otros componentes que la planta necesita para su desarrollo. La asimilación de N en las plantas requiere la absorción de nitratos, su reducción y conversión de nitritos a amonio y su posterior incorporación de amonio inorgánico a compuestos orgánicos (Sivansankar y Oaks, 1996; Stitt, 1999) y para que esta asimilación tenga lugar, se requiere de la actividad de la enzima nitrato reductasa (NR), la cual es la enzima clave del proceso de asimilación de N (Marschner, 1995).

Actualmente, una estrategia innovadora a la problemática de la desnutrición de micronutrientes en la dieta alimentaria se le ha llamado "Biofortificación" (Graham, 2001; Bouis, 2003) y ha sido definida como el proceso de incrementar las concentraciones biodisponibles de elementos esenciales en porciones comestibles de plantas cultivadas a través del manejo agronómico o mejoramiento genético. La fertilización se considera una estrategia promisoria para biofortificar con Fe y Zn a los cultivos. La fertilización con sulfato de Fe y Zn han sido efectivos en incrementar el Fe y Zn dietario a través de la biofortificación de cultivos en Finlandia y Nueva Zelanda (Lyons *et al*., 2003). En el caso de México, el frijol se considera un cultivo estratégico para biofortificar con Fe y Zn, debido a que es un alimento importante de la canasta básica, ya que de este cultivo se obtiene la proteína de origen vegetal más utilizada por los diferentes estratos sociales. El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la biofortificación con hierro y zinc sobre el metabolismo nitrogenado y producción de biomasa total en semillas y plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. "Strike".

Materiales y Métodos

Manejo del cultivo y diseño experimental

Las semillas del frijol cv. Pinto fueron germinadas en una cámara a 28°C durante 48 h. Posteriormente, las plantas de frijol fueron cultivadas en invernadero bajo condiciones ambientales controladas: humedad relativa de 60-80 %, temperatura 28/22 °C (día/noche), fotoperiodo de 16/8 h (día/ noche) e intensidad luminosa de 350 µmol m^{-2} s^{-1}. Las plantas crecieron en macetas individuales (25 cm de diámetro superior y 25 cm de altura) de 8 L, rellenas completamente con vermiculita. Durante 10 días a partir del trasplante y antes de la aplicación de los tratamientos experimentales, las plantas recibieron una solución nutritiva completa de Hoagland adecuada por Sánchez *et al*. (2004). La solución nutritiva fue renovada cada tres días. Posteriormente, 10 días después de la germinación se aplicaron los siguientes tratamientos de hierro y zinc (durante 50 días) en las formas de sulfato y quelato de Fe y Zn: T1 = Testigo, T2 = 25 µM, T3 = 50 µM, T4 = 100 µM de Fe y Zn. El diseño experimental consistió en la distribución al azar de los distintos tratamientos y de sus repeticiones. Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones con cuatro plantas tratadas por repetición.

Biomasa total

Para determinar la producción de biomasa de los diferentes órganos de la planta, éstos fueron pesados primeramente en fresco, posteriormente se sometieron a un proceso de descontaminación (tres lavados de agua de la llave y un enjuague con agua destilada). A continuación, se dejaron secando 24 horas a temperatura ambiente y después se introdujeron a una estufa de secado a temperatura de 60 °C hasta su total desecación, para finalmente obtener el peso seco de cada órgano, expresado en gramos de peso seco (g.p.s.).

Concentración de clorofila

El método se basa en la extracción de los pigmentos foliares y fue descrito por Wellburn (1994). Se recolectaron taleolas foliares de 7 mm de diámetro de cada uno de los tratamientos y repeticiones evaluadas, libres de nervaduras con un peso aproximado de 0.125 g y se colocaron en tubos de ensaye. Seguidamente se adicionaron 10 ml de metanol a cada tubo de ensaye y se dejó reposar durante 24 horas en oscuridad. Pasado este tiempo se procedió a la lectura en un espectrofotómetro UV/Vis (Jenway 6405) a longitudes de onda de 666, 653 y 470 nm. Se incluyó un blanco que contenía exclusivamente metanol. La concentración de clorofila se expresó como µg cm^{-2} de peso fresco.

Determinación de la concentración de nitrógeno orgánico (Nt) por el método del micro-Kjeldahl

Se pesaron 0.1 g de muestra molida en un matraz Kjeldahl y se adicionaron 0.6 g de mezcla reactiva

de selenio y 5 mL de ácido sulfúrico concentrado. Se digirieron las muestras en una parrilla digestora hasta que éstas adquieran un color cristalino. Una vez hecho esto, se añadieron 20 mL de agua desionizada. Por otra parte, se preparó una mezcla de 6 mL de ácido bórico al 4 % y 6 gotas de reactivo de Wessoul. Enseguida se destilaron las muestras en el Kjeldahl hasta que la muestra adquirió un color verde turquesa. Posterior a esto, se tituló con ácido clorhídrico 0.0181 normal. El cálculo de la concentración de nitrógeno se realizó con la siguiente fórmula:

% N = (mL HCl) * (normalidad del HCl) * (0.014) * (100)/peso de la muestra en gramos

Ensayo de la enzima nitrato reductasa (NR) "in vivo"

El procedimiento utilizado es una adaptación de los métodos propuestos por Joworski (1971) y Mauriño (1986). El ensayo se puede llevar a cabo tanto en el limbo foliar como en la raíz de la planta. La actividad de la NR transforma los NO_3^- en NO_2^- en un proceso de reducción que es lo que se cuantifica por medio de una reacción colorimétrica (Singh y Srivastava, 1986). La actividad NR "*in vivo*" se expresó en µmol de NO_2^- formados por g^{-1} p.f. h^{-1} (micro moles de nitritos formados por gramo de peso fresco en una hora).

Análisis estadístico

Todos los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza. Para la diferencia entre las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de LSD a 95% (SAS, 1987).

Resultados y Discusión

En referencia a la producción de biomasa total, los tratamientos de Fe en la forma de sulfato en sus tres dosis de aplicación, observó diferencia significativa con relación al testigo; así mismo, con la forma de quelato de Zn a la concentración de 50 µM se obtuvo el valor más alto y significativamente diferente del testigo.

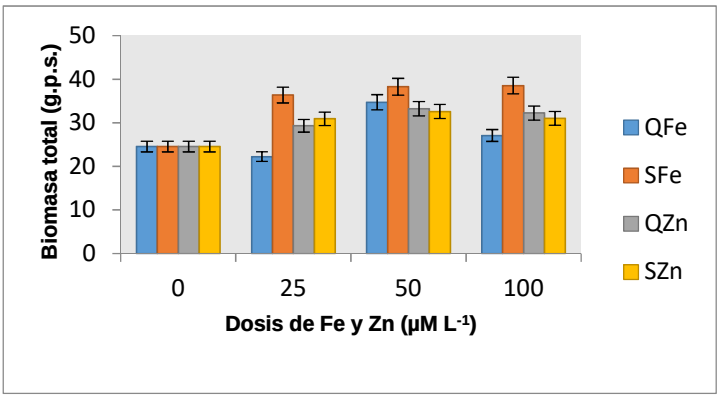


Figura 1. Producción de biomasa total en plantas de frijol cv. Strike bajo diferentes dosis de Fe y Zn. Los datos son medias ± error estándar.

Los resultados obtenidos indicaron que las mejores dosis de biofortificación con Fe y Zn, que favorecieron de manera general el crecimiento de la planta, así como la concentración de clorofila (Figura 2) y la actividad nitrato reductasa (Figura 4), fueron la forma de quelato de Fe y sulfato de Zn a dosis de 25 µM de Fe y Zn, respectivamente.

Con relación al contenido de nitrógeno, todos los tratamientos resultaron dentro del rango óptimo para la producción de aminoácidos y proteínas. Los tratamientos de quelato de hierro y sulfato de zinc a las concentraciones de 25 µM fueron significativamente diferentes, con relación al testigo (Figura 3).

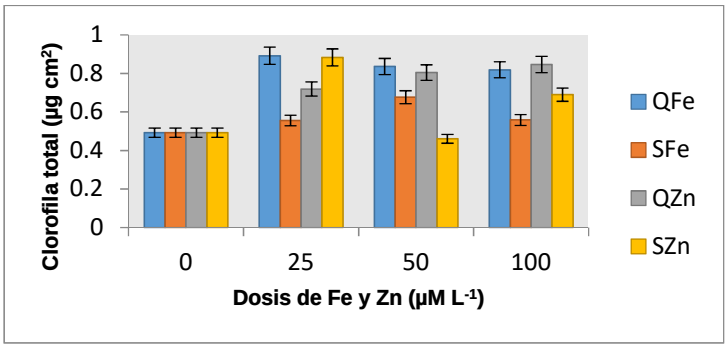


Figura 2. Contenido de clorofila total en plantas de frijol cv. Strike bajo diferentes dosis de Fe y Zn. Los datos son medias ± error estándar.

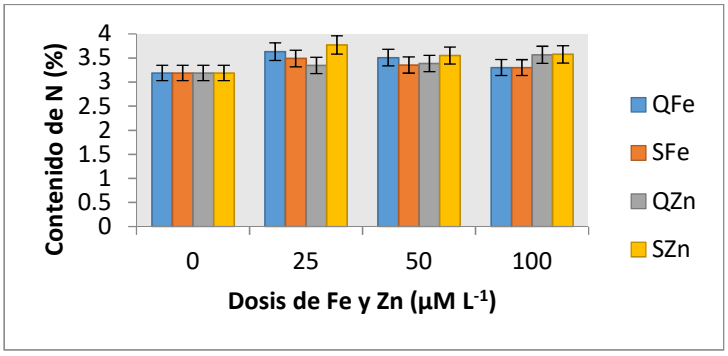


Figura 3. Contenido de nitrógeno total en plantas de frijol cv. Strike bajo diferentes dosis de Fe y Zn. Los datos son medias ± error estándar.

Con relación a la actividad nitrato reductasa, se observó que tanto en los tratamientos de quelato de hierro como en los de quelato y sulfato de zinc, la mayor actividad de nitrato reductasa fue la inducida por nitratos, mientras que, en los tratamientos de sulfato de hierro, la mayor actividad fue la que se indujo con nitrato y molibdeno.

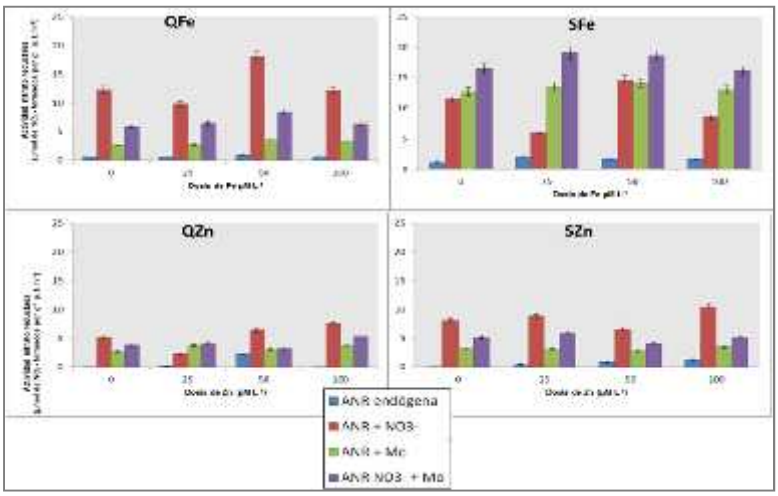


Figura 4. Actividad nitrato reductasa (ANR) en plantas de frijol cv. Strike bajo diferentes dosis de Fe y Zn. Los datos son medias ± error estándar.

Conclusiones

La biofortificación con hierro y zinc mejoraron la producción de compuestos nitrogenados y la calidad nutricional del frijol, considerados los principales componentes de calidad del frijol. Se obtuvo un aumento significativo en cuanto a la producción de biomasa tanto en los tratamientos de hierro como en los de zinc, así como en el contenido de clorofila total y actividad nitrato reductasa "*in vivo*", lo cual se relaciona con la concentración de nitrógeno, la cual se mantuvo en el rango de suficiencia en todos los tratamientos. Finalmente, se concluye que es viable implementar un programa de biofortificación con Fe y Zn en frijol, ya que estos microelementos mejoraron la actividad de la nitrato reductasa y, por consiguiente, la absorción de nitrógeno y el aumento en la concentración de clorofila total, así como la producción de biomasa en plantas de frijol.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el proyecto CHIH-2010-C01-148114 de FOMIX-CHIHUAHUA-CONACYT.

Bibliografía

Blair, M.W., C. Astudillo, M.A. Grusak, R. Graham y S.E. Beebe. 2009. Inheritance of seed iron and zinc concentrations in common bean (Phaseolus vulgaris L.). Molecular Breeding 23: 197-207.

Bouis, H.E. 2003. Micronutrient fortification of plants through plant breeding: can it improve nutrition in man at low cost? Proc. Nutr. Soc. 62: 403–411.

Daliparthy, J., Barker, A. V. and Mondal, S. S. 1994. Potassium fractions with other nutrients in crops: a review focusing on the tropics. J. Plant. Nutr. 17: 1859-1886.

FAOSTAT (2009). http://faostat.fao.org

Graham, R.D. 2001. Addressing micronutrient malnutrition through enhancing the nutritional quality of staple foods: principles, perspectives and knowledge gaps. Adv. Agron. 70: 77–142.

Joworski, E.G. 1971. Nitrate reductase assay in intact plant tissues. Biochem Biophys Res Commun 43: 1274-1279.

Lyons, G.H., J.C.R. Stangoulis, R.D. Graham. 2003. High-selenium wheat: biofortification for better health. Nutr. Res. Rev. 16: 45-60.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants, 2nd edn. Academic Press Inc., San Diego, CA, USA. 889 pp.

Sivasankar, S. and Oaks, A. 1996. Nitrate assimilation in higher plants: the effect of metabolites and light. Plant Physiol. Biochem. 34: 609-620.

Sánchez, E., R.M. Rivero, J.M. Ruiz, L. Romero. 2004. Changes in biomass, enzymatic activity and protein concentration in roots and leaves of green bean plants (Phaseolus vulgaris L. cv. Strike) under high NH_4NO_3 application rates. Scientia Horticulturae, 99:237-248.

SAS. 1987. SAS/STAT Guide for personal computers. Version 6; Statistical Analysis System Institute, Inc. Cary, North Carolina p. 1028-1056.

Wellburn, A.R. 1994. The spectral determination of chlorophills a and well as total caratenoids, using various solvents with spectrophotometer of different resolution. J. Plant Physiol. 144: 307-313.

¿PORQUE NO HA SIDO POSIBLE PROBAR LA ESENCIALIDAD DEL BORO EN EL HOMBRE?: UNA HIPÓTESIS

Sosa-Baldivia, A.[1,3*]; Ruiz-Ibarra, G.[2]; Robles-de la Torre, R.R.[3]; Tasistro, A.[4].Etchevers-Barra, J.D.[5]; Padilla-Cuevas J[5].

[1]Nutrilite S de RL de CV. Rancho El Petacal, Jalisco, México.
[2]Instituto Tecnológico Superior de Tamazula de Gordiano, Jalisco, México.
[3]Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada (CIBA-IPN). Tlaxcala, Tlaxcala, México.
[4]International Plant Nutrition Institute (IPNI). Norcross, Georgia, EUA.
[5]Colegio de Postgraduados (COLPOS). Montecillos, Estado de México, México.
*Autor responsable: anacleto.sosa@amway.com; Calle Avenida México # 8, El Petacal, municipio de Tolimán, Jalisco. México. CP 49750 Tel. +52(341)413-5878 Ext. 112.

Resumen.
El boro (B) en la nutrición humana se considera casi esencial, es decir, su importancia como nutriente no ha sido probada y varias causas han evitado completar esta tarea. El objetivo de este trabajo fue discutir: (1) el bajo requerimiento interno (RI) de B; (2) el cambio en ciclo biológico del hombre; (3) la falta de un síntoma de su deficiencia y; (4) las fuentes que aportan B a la dieta como obstáculos que han evitado probar la esencialidad del B. El RI de B es tan bajo (3 mg día^{-1}) que en ensayos de nutrición todas las fuentes que lo aportan a la ingesta diaria del hombre se deben de controlar. Hay evidencias de que la osteoporosis (OST) y la artritis (ART) son síntomas de una deficiencia de B del hombre, esto se asocia a que, al existir un déficit de B, disminuye tanto la síntesis de vitamina D como la asimilación de Ca en los huesos. En el pasado, el ciclo biológico del hombre menor a 50 años evitó que la OST y ART como síntomas de déficit de B y Ca se expresaran, ya que la reserva de estos minerales acumulada en los huesos aseguró el adecuado funcionamiento del sistema óseo; sin embargo hoy al ser la esperanza de vida de 75 años, es posible que la reserva mineral ya no sean suficiente para mantener el sistema óseo saludable, esto permitirá encontrar respuesta a B en experimentos tendientes a demostrar su esencialidad en el hombre.

Palabras clave
Boro; esencialidad; nutrición; Hombre.

Introducción
La importancia del boro (B) en plantas fue demostrada por Katherine Warington en 1923 (Crespo, 2001) y tan pronto como esto ocurrió, se comenzó a estudiar su esencialidad en animales (Sosa-Baldivia *et al*., 2016). Los primeros intentos para inducir deficiencias de B en animales se hicieron entre 1939 y 1944 (Meacham *et al*., 2010) y hasta hoy su esencialidad ha sido probada en diatomeas, cianobacterias, algas, actinomicetos, peces y ranas (Rezanka y Singler, 2008; Bolaños *et al*., 2004; Rowe y Eckert, 1999; Fort *et al.*, 1999**).** Aun cuando hay evidencias que sustentan la importancia del B en la nutrición humana, esta no ha sido aceptada (Pizzorno, 2015); y hasta el momento la Organización Mundial de la Salud sólo lo clasifica como casi esencial (Bakirdere *et al*., 2010). Este hecho se asocia a que la ingesta de 2 a 6 mg de B día^{-1} ayuda a prevenir y/o corregir problemas de artritis (ART), osteoporosis (OST), osteoartritis, cáncer de cérvix y próstata y enfermedades cardiovasculares (Pizzorno, 2015; Price *et al*., 2012; Meacham *et al*., 2010). A la luz de esta evidencia, Inglaterra, Canadá, EUA y Australia, en donde la ingesta de B es menor a 3 mg día^{-1} ya permitieron la venta de suplementos de B; esto como una medida de que su población pueda cubrir sus requerimientos (Meacham *et al*., 2010). La hipótesis de la esencialidad del B en el hombre fue

establecida por Newnham en 1963; esto tras aliviar su ART al ingerir 6 mg B día^{-1} (Newnham, 1994). En esa época, Newnham creyó descubrir la cura de ciertas formas de ARTs y sin probarlo comenzó a vender un suplemento de B que denominó BorRex y del que entre 1976 y 1981 vendió 90,000 frascos. La década de los 80s fue crucial en el estudio del B ya que en 1981 se presentaron las primeras evidencias de su esencialidad en animales y humanos **(**Newnham, 1981**;** Hunt y Nielsen, 1981). En ese mismo año, Newnham solicitó la primer patente de su suplemento de B, la cual le negaron porque Australia promulgo una ley que declaró tóxico su uso (Last, 2012; Newnham, 1994). Esto, aunque detuvo su uso como nutriente del hombre, generó un gran debate el cual aún continua y actualmente es el elemento al que más esfuerzos y recursos se le ha invertido para demostrar su esencialidad; como prueba de ello, es el gran número de reuniones científicas y artículos publicados en donde se ha discutido su relevancia en la nutrición animal y humana (Meacham *et al.*, 2010). Yo como muchos desconocí la importancia del B en la nutrición humana y no fue hasta el año 2013, cuando surgió mi interés por estudiarlo; esto tras aliviar mis reumas a tres meses después de vivir en San Quintín, BC. Como hombre de ciencia busque una explicación a este suceso y después de analizar el ambiente, la alimentación y el agua consumida, antes y después de mi cambio domiciliario y de leer cuatro artículos publicados por Newnham (1994; 1991; 1984; 1981), concluí que el agua, frutas y verduras con alto contenido de B que consumí hizo que mi cuadro reumático desapareciera. Posteriormente, al comparar los estudios de nutrición conducidos con animales y los realizados para demostrar la esencialidad del Mo y Cl en plantas **(**Broyer *et al*., 1954; Arnon y Stout, 1939**),** detecté que varios obstáculos que hoy impiden demostrar la esencialidad del B coinciden con los del Mo y Cl en plantas**.** El objetivo de este trabajo es discutir cuatro obstáculos que han impedido demostrar la esencialidad del B en el humano: 1) el bajo requerimiento interno (RI) de B; 2) la variación del ciclo biológico; 3) la falta de un síntoma asociado a su deficiencia y; 4) la gran cantidad de fuentes que lo aportan B a la ingesta.

Bajo requerimiento interno de B

De los 118 elementos conocidos, 93 existen en la naturaleza (Velázquez-Monroy y Ordorica-Vargas, 2016), 59 están presentes en el humano y en una persona de 70 kg hay 8 mg de B**;** es decir 0.00003% del peso vivo (John, 1998**).** Por la baja concentración del Mo en plantas (0.0001%), en el pasado fue muy difícil probar su esencialidad (Arnon y Stout, 1939); si se considera que el RI de B del hombre es 3.3 veces menor que el del Mo en plantas; es evidente que la dificultad para inducir deficiencias de B en el humano es todavía mayor. Arnon y Stout (1939) lograron reproducir y corregir síntomas de deficiencia de Mo en tomate en el invernadero; sin embargo, al tratar de replicarlos en el campo fracasaron, esto porque al no haber respuesta a la fertilización con Mo en los suelos de California, la etiología se confundió con la que causa *Verticilium sp.* (Stout, 1972). La importancia del Mo como nutriente vegetal en campo fue demostrada en 1942 por Anderson en la Universidad de Adelaida, Australia, y entre 1954 y 1955 la aplicación de 70 g Mo ha^{-1}, incrementó el rendimiento de alfalfa entre 12 y 16 veces en el Valle de Victoria en Australia (Stout, 1972**).** El bajo RI del Mo fue un obstáculo porque las cantidades presentes en el agua y fertilizantes fueron suficientes para cubrir la demanda del cultivo, de ahí que, para solucionar este problema, Arnon y Stout tuvieron que utilizar agua y fertilizantes libres de Mo. En humanos, el RI de B es 3 mg día^{-1}, esto representa 0.000004% de su peso y aun cuando este valor es 75% mayor que la concentración de Mo en solución del suelo (0.000001%) que necesitan las plantas, esto claramente indica que la complejidad para manejar experimentos de nutrición con B es muy similar a la de Mo en plantas. Para controlar el error experimental asociado con el bajo RI de B, Hunt (1996) recomienda usar agua de ionizada, balancear el B en la dieta, filtrar el aire para eliminar B y usar recipientes libres de borosilicatos y considerar el B presente en los productos de higiene y cuidado personal.

Gran Cantidad de Fuentes de B

El B se encuentra prácticamente en cualquier parte y las fuentes que participan en la ingesta del hombre son tan diversas que en ensayos de nutrición es difícil su control. Al igual que como hoy sucede con el B, la gran cantidad de fuentes que aportan Cl a los cultivos fue la principal causa por la que su esencialidad se demostró en 1954, aun cuando desde 1871, Sachs ya sospechaba de la importancia del Cl en la nutrición vegetal (Stout, 1972). Actualmente se sabe que el aire, agua, suelo y fertilizantes son las fuentes más importantes de Cl para los cultivos y aunque su RI es alto (1500-4000 ppm Cl) (Randle, 2004), el aporte de cada fuente llega a satisfacer los requerimientos totales (Chen *et al.*, 2010). El agua es una fuente importante de Cl y en zonas áridas o en cercanas al mar el Cl que esta aporta supera la demanda del cultivo e incluso en especies con bajos requerimientos puede estar en niveles tóxicos (Mikkelsen, 2005**).** Las plantas pueden tomar el Cl del aire absorbiéndolo a través de sus estomas y en zonas cercanas al mar (Havlin *et al*., 2005). Adicionalmente casi todos los fertilizantes contienen trazas de Cl e incluso en el KCl. Para demostrar la esencialidad del Cl, Broyer *et al.*, (1954) tuvieron que eliminar el Cl presente en el agua, aire, suelo y fertilizantes y aun cuando en un inicio solo fue posible demostrar la esencialidad del Cl bajo condiciones controladas; en los 80s su importancia como nutriente también fue validada en campo (Mengel *et al*., 2009). El control de las fuentes que aportan B a la dieta diaria de hombre es todavía más difícil que las del Cl, esto porque además del B presente en el agua, aire, suelo y alimentos vegetales y animales, los productos de higiene y cuidado personal también lo contienen en cantidades difíciles de controlar y cuantificar, especialmente los detergentes, jabones, champo, cremas y pasta dental (Hunt *et al*., 1991). Además, los utensilios de vidrio contienen B que se transfiere a los alimentos (Hunt, 1996).

Falta de un síntoma especifico

La esencialidad del B en el hombre no está aceptada porque hasta hoy día no se ha encontrado un síntoma asociado con su déficit. La OST y la ART son dos enfermedades asociadas con la deficiencia de B (Ince y Arslan-Acaroz, 2015)**;** sin embargo, debido a que el Ca constituye 66% de la masa ósea (de la Torre, 2015); ambos padecimientos se atribuyen más a una deficiencia de este elemento (Vora, 2016; Sánchez *et al*., 2002); esto a pesar de que hay evidencias de que las personas con OST también presentan 50% menos B en los huesos (Newnham, 1994**).** El B al tener la capacidad para combinarse con grupos hidroxilos, puede participar en reacciones de hidroxilación (Nielsen, 1988) y en el metabolismo del hombre, participa en la reacción que da origen al Colecalciferol que es la forma activa de la Vitamina D (Miljkovic *et al*., 2004; Nielsen, 1988). Cuando Newnham (2003) desarrollo la hipótesis de la esencialidad del B, consideró que la asimilación del Ca y B en el humano ocurre a la par tal como sucede en plantas; y al parecer tuvo razón ya que la ingesta alta de Ca por sí sola no previene o corrige la OST, esta afirmación se basa en que la población de países en donde la ingesta de Ca es alta, presentan más OST y ART que en aquellos donde la ingesta de este elemento es baja (OMS, 2003). Existen varios factores que influyen en la asimilación del Ca (Schurman *et al*., 2012); sin embargo, el principal es el nivel de vitamina D en el cuerpo (Bellan, *et al.*, 2015) y más específicamente podría ser la concentración B, ya que cuando el nivel de vitamina D es bajo, la suplementación con B amortigua el efecto la hipovitaminosis y mejorar la asimilación del Ca (Miljkovic *et al*., 2004; Hunt y Nielsen, 1981).

Variación de Ciclo biológico

En los últimos 66 años, la esperanza de vida en México paso de 47 a 75 años (INEGI, 2016) y con una adecuada alimentación podría ser de 120 años (Knapton, 2015). Esto sugiere que en el pasado la corta duración del ciclo biológico dificultó determinar el papel que juega el B en la salud del hombre. En 1963, cuando Newnham estableció la hipótesis de la esencialidad del B; el hombre fallecía a los 47 años; de acuerdo con de la Torre (2015) a esta edad la reserva de Ca y B acumulada en los huesos

todavía es suficiente para asegurar el adecuado funcionamiento del sistema óseo y solo en regiones donde la ingesta es baja hay incidencia de ART (Newnham, 1984); ya que bajo desnutrición severa esta etiología ocurre antes de los 40 años (Heimgartner y Rosenthal, 1979). En este tiempo la incidencia de OST fue relativamente baja porque las fracturas que se le asocian ocurren después de los 60 años. Para los 90s, la vida media era de 72 años y fue cuando se reconoció a la OST como la causa principal de fracturas y su impacto en la salud fue tal que entre 1998 y 1999 se crearon la Asociación Internacional de Osteoporosis (IOF) y la Asociación Mexicana del Metabolismo Óseo y Mineral (IOF, 2016; AMMOM, 2016). La incidencia de enfermedades del metabolismo óseo incremento después del 2000; esto porque al alargarse la esperanza de vida hasta 74 años, la reserva mineral de los huesos ya no fue capaz de mantenerlos saludables, como resultado la incidencia de OST y ART incremento. Varios investigadores coinciden que ingerir entre 3 y 6 mg día^{-1} ayuda para prevenir y controlar enfermedades del metabolismo óseo, diabetes, cáncer de colon y próstata, y problemas cardiovasculares; todas ellas típicas de personas mayores de 45 años (Sosa *et al*., 2016; Pizzorno, 2015; Last, 2012; Meacham *et al*., 2010; Crespo, 2002; Newnham, 1994). Esto claramente sugiere que en el pasado el ciclo biológico del humano al ser más corto que el actual no permitió que se pudiese determinar con precisión el efecto benéfico del B en la nutrición del hombre ya que este es más visible en personas mayores de 50 años. A la fecha, los primeros pasos para demostrar la esencialidad del B ya se dieron y algunos de los más importantes fueron: el lograr que la OMS lo clasificara en la categoría de casi esencial; demostrar que la ingesta de 20 mg B día^{-1} persona^{-1} no tiene repercusión en la salud; y hacer que Australia, un país que declaró tóxico el uso del B como nutriente hoy día permita la venta en suplementos y nutracéuticos que contienen B. Considerando que el hombre necesita ingerir entre 2 y 6 mg B día^{-1}, los experimentos que se realicen para demostrar su esencialidad se deben controlar todas las fuentes que aportan B en la dieta. Los sujetos de estudio deben de provenir de regiones en donde la ingesta diaria de B es menor a 1.0 mg día^{-1} y la incidencia de ART y OST entre la población sea mayor al 10%. Esta condición permitirá correlacionar la incidencia de estas etiologías con la ingesta diaria de B y la concentración de B en cabello como herramienta de diagnóstico. Además, se debe de evaluar el impacto de dosis crecientes de B y su interacción con niveles crecientes de vitamina D y Ca en diferentes estratos de la población. No hay duda de que la esencialidad del B al final será demostrada, después de todo solo se necesita replicar lo que de forma natural ocurre en regiones de Italia, Chipre, Israel y Australia en donde la alta ingesta de B coincide con el excelente estado de salud y la alta esperanza de vida (más de 81 años) de su población y son prueba inequívoca de que el B es esencial en la nutrición humana.

Conclusiones

El requerimiento de B del hombre es tan bajo (3 mg día^{-1}) que en ensayos de nutrición todas las fuentes que aportan B a la dieta se deben controlar. Hay evidencias de que la OST y ART se asocian a una deficiencia de B, ya que un déficit de B inhibe tanto la síntesis de vitamina D como la asimilación de Ca en los huesos. En el pasado, el ciclo biológico del hombre menor a 50 años impidió que la OST y ART como síntomas de un déficit de B se expresaran ya que la reserva de minerales en los huesos logró asegurar el adecuado funcionamiento del sistema óseo. Hoy al incrementarse el ciclo de hombre hasta 75 años, es posible que estas reservas ya no sean suficientes; esto permitirá encontrar respuesta en estudios de suplementación con B, especialmente si estos se conducen en zonas donde de la ingesta de B de forma natural es inferior a 1.0 mg día^{-1}.

Referencias

AMMOM (Asociación Mexicana del Metabolismo Óseo y Mineral). 2016.
Arnon, I.D. and P.R. Stout. 1939. Molybdenum as an essential element for higher plants. Plant Physiol. 599-602.
Bakirdere S., S. Orenay and M. Korkmaz. 2010. Effect of boron on human health. Open. Miner. Process J. 3: 54-59.
Bellan, M., M. Pirisi and P.P. Sainaghi. 2015. Osteoporosis in rheumatoid arthritis: role of the vitamin D/parathyroid hormone system. Rev. Bras. Reumatol. 55(3): 256-263.
Bolaños, L., K. Lukaszewski, I. Bonilla and D. Blevins, 2004. Why boron? Plant Physiol. Biochem. 42(11): 907-12.
Broyer, C.T., A.B. Carlton, C.M. Johnston and P.R. Stout. 1954. Chlorine-a micronutrient element for higher plants. Plant Physiol. 526-532.
Chen, W., Z.L. He, X.E. Yang, S. Mishra and P.J. Stofella. 2010. Chorine nutrition of higher plants: progress and perspectives. 2010. J. Plant Nutr. 33: 943-952.
Crespo, E. 2001. El boro, elemento nutricional en la funcionalidad ósea. Rev. Esp. Cir. Osteoart. 36 (206): 88-95.
de la Torre, W. 2015. El calcio en la prevención y tratamiento de Osteoporosis. *In*: Osteoporosis 2015. W. Aguirre, W. de la Torre y R Jervis (eds). Soc. Ecuat. Metab. Miner. Quito, Ecuador. 127-140 p.
Fort, D.J., L.E. Stover, L.P, Strong, J.F. Murray and L.C. Keen. 1999. Chronic feeding of a low boron diet affects reproduction and development in *Xenopus laevis*. Biol. Trace Elem. Res. 129: 2055-2060.
Havlin, J., J. Beaton, S. Tisdale and W. Nelson. 2005. Soil Fertility and Fertilizers. 7th edition. Pearson-Prentice Hall, New Jersey, USA.
Heimgartner, E. y M. Rosenthal. 1979. La artritis reumatoide en una población indígena (mazahua) del altiplano de México. Bol. Of, Sanit. Panam, 86(4): 283-292.
Hunt, D.C. 1996. Dietary boron deficiency and supplementation. Chapter 14. In: Methods in nutrition research a new CRC series on research in nutrition. R.R. Watson ed. CRC Press. Boca Raton, FL, USA. 229-253.
Hunt, D.C., T.R. Shuler and LM Mullen, 1991. Concentration of boron and other elements in human foods and personal-care products. J. Amer. Diet. Assoc. 91(5): 558-568.
Hunt, D.C. and F.H. Nielsen. 1981. Boron and cholecalciferol in the chick. In: Trace elements metabolism in man and animals (TEMA-4). Howell JMcC, Gawthorne JM, White CL, eds. Canberra, Australia. Aust Acad Sci. 597-600.
Ince, S. and D. Arslan-Acaroz. 2015. An update on health effects of metalloid trace element: boron. Aperito J Drug Design. Pharmacol. 2(1): 1-6.
INEGI (Instituto Nacional de Geografía y Estadística). 2016. Esperanza de vida en México.
IOF (International Osteoporosis Foundation). 2016.
John, E. 1998. The Elements. Clarendon Press. 3rd ed. Oxford, England.
Knapton, S. 2015. World's first anti-ageing drug could see humans live to 120. The Telegraph.
Last, W. 2012. The borax conspiracy. Nexus. June-July. 29-35.
Meacham S., S. Karakas, A, Wallace and F. Altun. 2010. Boron in human health: evidence for dietary recommendations and public policies. Open Miner Process J. 3: 36-53.
Mengel, D., R. Lamond, V. Martin, S. Duncan, D. Whitney and B. Gordon. 2009. Chloride fertilization and soil testing-Update for major crops in Kansas. Better Crops. 99 (4): 20-22.
Mikkelsen, R.L. 2005. Take another look at chloride. Agri-Briefs Agronomic News Items. No. 3. Potash & Phosphate Institute, Norcross, Georgia.
Miljkovic, D., N. Miljkovic and M.F. McCarty. 2004. Up-regulatory impact of boron on vitamin D function – does it reflect inhibition of 24-hydroxylase. Medical Hypotheses. 63: 1054-1056.
Newnham, E.R. 2003. Boron: major cause and cure for arthritis. Nutr. 92.
Newnham, E.R. 1994. Essentiality of boron for healthy bones and joints. Environ. Health Perspec. 102 (7): 83-85.
Newnham, E.R. 1984. Boron is essential – it corrects and prevents arthritis. NZTEG. Conference Massey University, Palmerston, North.
Newnham,E.R. 1981. Mineral imbalance and boron deficiency. In: Trace elements metabolism in man and animals (TEMA-4). In: Howell J.McC, Gawthorne, J.M., White C.L., eds. Canberra, Australia. Aust. Acad. Sci.: 400-402.
Newnham E.R. 1991. Agricultural practices affect arthritis. Nutrition and Health 7 (2) 89-90.
Nielsen H.F. 1988. Boron an overlooked element of potential nutritional importance. Nutr. Today. January-February. 1-7.
OMS (Organización Mundial de la Salud). 2003. Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas: informe de una consulta mixta de expertos OMS/FAO. Ginebra, Suiza.
Pizzorno, L. 2015. Nothing boring about boron. Integr. Med. 14(4): 35-48.
Price T.C., J.R. Langford and F.A. Liporace. 2012. Essential nutrients for bone health and a review of their availability in the average North American diet. Open Orthop. J. 6:143-149.
Randle, M.W. 2004. Chloride requirements in onion: clarifying a widespread misunderstanding. Better Crops. 88:10-11.
Rezanka T. and K. Sigler. 2008. Biologically active compounds of semi-metals. Phytochemistry. 69: 585–606.
Rowe, R.I. and D.C. Eckert. 1999. Boron is required for zebra fish embryogenesis. J, Exp. Biol. 202: 1649-1654.
Sanchez, A., R. Puche, S. Zeni, B. Oliveri, A.M. Galich, L. Maffei, L. Plantalech, G. Poudes y C. Bregny. 2002. El papel del calcio y de la vitamina D en la salud ósea (parte 1). Reemo. 11(6): 201-217.

Schurman, L., A. Bagur, H. Claus-Hemberg, O. Messina, A.L. Negri, A. Sanchez, C. Gonzalez, et al. 2013. Guías 2012 para el diagnóstico, prevención, y el tratamiento de la osteoporosis. Med. (Buenos Aires): 77: 55-74.

Sosa-Baldivia, A., G. Ruiz-Ibarra and J.D. Etchevers-Barra. 2016. Will boron be essential for human nutrition? Arch. Lat. Nutr. 66(1): 82-83.

Stout, R.P. 1972. Introduction. In: Micronutrients in Agriculture. JJ Mordvedt, PM Giordano and WL Lindsay (eds). Soil Sci. Soc. Amer. Madison, WI, USA. 1-5.

Velázquez-Monroy, L.M. y Ordorica-Vargas M.A. 2016. Composición química de los seres vivos. 12 p.

Vora, P. 2016. Calcium and osteoporosis. Health Positive. 41-43.

BÚSQUEDA DE RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL QUE MODIFICAN LA FLORACIÓN EN ARABIDOPSIS

Tondopo-Jiménez, E.[1*]; Olalde-Portugal, V.[1]

[1]Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Irapuato. Irapuato, Guanajuato. México.

*Autor responsable: tj.estepha@gmail.com; Km. 9.6 Libramiento Norte, Carr. Irapuato-León, Irapuato, Guanajuato. México. CP 36821; Tel. +52(462)-623-96-00

Resumen
Las Bacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal han sido descritas recientemente como potenciadoras de la floración, de manera que hemos evaluado diferentes cepas con propiedades de estimulación de crecimiento vegetal. De esta manera encontramos que cepas de *Bacillus subtilis* y *Azospirillum sp* así como otras no catalogadas taxonómicamente poseen efectos sobre el tiempo de floración y el tamaño o número de inflorescencias en *Arabidopsis thaliana* y *Helianthus annuus*. En efecto, cada cepa actúa de forma distinta en cada una de las especies vegetales empleadas, así mismo con cada variedad en el caso de *H annuus.*

Palabras clave
Rizobacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal; Tiempo de floración; Inflorescencia

Introducción
Junto con el origen de las plantas vasculares y el origen de las plantas con semilla, el origen de las angiospermas representa un evento de los más importantes en la historia evolutiva de las plantas (475 millones de años). El grupo de las angiospermas, está formado por más de 250,000 especies, esto hace que sea el grupo más grande y además el más diverso existente de plantas, no obstante, se conoce poco sobre el origen de la floración (Friedam y Floyd, 2001).

Además de la importancia evolutiva, la floración es un componente clave de la fenología, además es considerada como el mejor marcador para observar las consecuencias del cambio climático en la distribución de especies y productividad del ecosistema (Cleland *et al*., 2007). Además, se ha demostrado que el estrés también influye en la floración, por ejemplo, en *Pharbitis nil*, *Perilla frutescens*, *Arabidopsis thaliana* y *Lemna paucicostata* (por acción del acido salicílico y/o del gen FT) (Takeno, 2012).

Asimismo, la floración es un aspecto de gran importancia en el sector productivo, esto tanto en la producción florícola, así como la obtención de alimentos. Por una parte, México se provee de flores de frescas de EEUU, Holanda, Colombia, Ecuador, Costa Rica y Guatemala. Las principales exportaciones de flores de corte de México son hacia EEUU, Panamá y Canadá. Y los estados de mayor producción florícola en el país son Estado de México, Morelos, Puebla, Michoacán, Veracruz. Por el otro lado, en la producción de alimentos es de gran importancia plantear nuevas estrategias que

permitan asegurar la producción y el acceso de alimentos a todos los sectores sociales, y la manipulación del tiempo de floración puede ser un detonante para lograr esos objetivos.

Ahora bien, respecto a las rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal se han reportado efectos sobre las plantas, entre ellos se puede mencionar la alteración del estado reproductivo. Casos particulares son lo que reportan Cardenas-Flores *et al*. (2007) donde señalan que en *Tagetes erecta* la inoculación con *Bacillus subtilis* y/o *Glomus gasciculatum* afectan positivamente el rendimiento, o sea el total de la producción de inflorescencias es significativamente incrementado. Así mismo ellos presentan resultados donde con inóculo de PGPR se producen más flores maduras respecto al control. También en caléndula se incrementa el 24% de inflorescencia por planta cuando se inocula con *B. subtilis*. Por otro lado, Ownnley *et al. (*2001), obtuvieron resultados en tomate con inóculos que consistían en combinaciones de *B. amyloliquefasceiens, B. pumillus* y *B. subtilis* donde observaron una aceleración de la floración. De igual forma en *Lilium sp.,* se observó que (Arriaga *et al.,* 2009) *Bacillus subtilis* Beb-DN y/o G. fasciculatum afectan significativamente los días a antesis, además el peso seco de la flor se alteró con *B.subtilis*/fósforo. Otro reporte es el de Santos-Villalobos *et al*. (2013) acerca de la inducción de la floración en arboles de mango, cuando son inoculados con *Burkhoderia caribensis* XV y *Rhizobium sp.* XXV (PGPR aisladas de rizósfera de mango). Ellos sugieren que la inducción de la floración es debido a que la intensidad de expresión de FT es mayor en plantas con tratamiento de inoculación microbiana, lo que podría estar relacionado con el incremento de brotes florales. Además Wagner *et al.* (2014) determinan que la plasticidad fenotípica del tiempo de floración de *Brassica rapa* es sensible a la microbiota del suelo. Esto es de gran importancia porque da la pauta para el aislamiento de cada organismo que forma la microbiota del suelo y, entonces lograr comprender el funcionamiento de ese hábitat.

Materiales y Métodos

a) Evaluación de las cepas de PGPR sobre la floración de Arabidopsis thaliana Col-0.

✓ Selección de cepas

Las PGPR que se evaluaron son aquellas con características de promoción de crecimiento vegetal contenidas en el cepario del laboratorio de Bioquímica Ecológica (CINVESTAV-UI) y en el cepario de zonas desérticas del desierto florido de Chile (Universidad Politécnica de Pénjamo).

✓ Estimación del tiempo de floración

Se emplearon tratamientos de plantas de *A. thaliana* Col-0 inoculadas con PGPR, para ello las semillas fueron sembradas en medio Murashige & Skoog (MS) hasta los 7 días de edad para posteriormente colocarlas de forma individual en sustrato *Arabidopsis* estéril (pit mosh y vermiculita comercial), en recipientes de vidrio completamente cerrados, para conservar la humedad, aclimatadas en cámara de crecimiento (fotoperiodo de 14/10 h de luz/oscuridad a 22 ± 2ºC). Por otro lado, las cepas bacterianas fueron cultivadas en el medio infusión de papa (IP), para posteriormente obtener el paquete celular y resuspender en agua destilada estéril (10^7 UFC/ml). Con esta solución se inoculará con 1 ml a cada plántula en el día 11 después de la germinación.

La selección de las cepas se basó en mediciones y observaciones de los siguientes parámetros:

- El número de hojas de roseta cuando inicia la floración (por aparición del capullo floral visible).
- El número de días transcurridos desde la germinación hasta el día en que inicia la floración.
- El patrón de la floración en cada uno de los tratamientos.

- El número de días transcurridos hasta llegar a antesis.
- El patrón de la antesis en cada uno de los tratamientos.

El diseño experimental será un sistema de bloques al azar, usando 10 plantas por tratamiento con 2 réplicas y los controles negativos fueron plantas sin inóculo. Para el análisis de los datos se empleará ANOVA con comparación de medias por el método de Duncan, en caso de que los datos presenten distribución normal, o bien el estadístico Kruskall-Wallis si los datos no tienen distribución normal en el programa estadístico R.

b) Análisis de la relación de los integradores florales de A. thaliana con H. annus.

✓ Búsqueda de parálogos y homólogos de 3 genes reguladores florales y sus proteínas codificadas.

La búsqueda de genes y proteínas parálogos se realizó mediante las herramientas de alineamiento local BlastN, BlastX y BlastP del Centro Nacional para la Información en Biotecnología de EUA (NCBI, por sus siglas en inglés) según corresponda. Además, el análisis de los dominios se realizó empleando la base de datos Uniprot realizando BlastP de cada uno de ellos y/o de las familias de dominio al que pertenezcan.

✓ Comparación y Análisis filogenético entre los genes de las dos especies

Con las secuencias reportadas de cada uno de los tres genes integradores florales y de los parálogos de estos en *A. thaliana thaliana*, así como de las de los genes de *H. annus* se realizaron comparaciones de secuencia empleando Blastx del NCBI para analizar la similitud de secuencia de cada uno de los 3 integradores florales.

El alineamiento de las secuencias se realizó mediante el programa ClustalW, (Thompson *et al*, 1994). La topología del árbol filogenético se determinó con el método de Neighbour-Joining (Saitou y Nei, 1987) y el análisis filogenético con el programa MEGA 5 (Kumar *et al*, 2001).

✓ Determinación del efecto de las PGPR sobre el tiempo de floración de *H. annus*

La evaluación se realizó usando semillas de *H. annus* var. Ha89, hibrido Cobalt II e híbrido Ausigold 65 que fueron germinadas en macetas de 14 L en condiciones de invernadero. Cuando las plantas se encontraron en etapa de desarrollo V4 (vegetativa con cuatro hojas verdaderas) se procedió a aplicar cada uno de los tratamientos (cepas seleccionadas en los apartados anteriores), con un control que consistió en plantas sin inóculo. Para ello se empleó un diseño de bloques al azar con 3 plantas por tratamiento y 3 repeticiones por tratamiento, en condiciones de invernadero. Cada tratamiento consistió en un único inóculo bacteriano de 5 ml (10^7 UFC/ml) de cada una de las cepas. El parámetro para evaluar el tiempo de floración se monitoreó por la aparición de la inflorescencia floral visible (cuando comienza la etapa reproductiva).

Resultados y Discusión

a) Evaluación de las cepas de PGPR sobre la floración de Arabidopsis thaliana Col-0.

✓ Selección de cepas

Se seleccionaron 5 cepas que modifican diferentes parámetros de la floración que fueron evaluados, de estas cepas 3 pertenecen al cepario de Bioquímica Ecológica de CINVESTAV: DN, Br08 y AJ7; y dos son del cepario del desierto florido de Chile: 27 y 46. De estas, las cepas DN y Br08 son *Bacillus subtilis* y AJ7 es del género *Azospirillum*.

La cepa DN, Br08 y AJ7 afecta el número de hojas de roseta de *A. thaliana* de forma significativa,

siendo mayor el número de estas en presencia de las cepas. Asimismo, estas cepas afectan el número de días que transcurren para que las plantas lleguen a la antesis, siendo Br08 la que provoca menor lapso de tiempo, mientras que DN y AJ7 tienen el efecto contrario.

Las cepas 27 y 46 aun no han sido identificadas taxonómicamente, estas cepas el número de hojas de roseta y el número de inflorescencias, respectivamente. Siendo mayor ambos parámetros al ser inoculadas.

	No de hojas en IF	No ddg en IF	No ddg para antesis	No de Inflorescencias
DN	X		X	
Br08	X		X	
AJ7	X		X	
27	X			
46				X

Cuadro 1. Cepas seleccionadas. IF: Inicio de la Floración (corresponde a cuando el brote floral se hace visible). ddg: días después de la germinación.

b) Análisis de la relación de los integradores florales de A. thaliana con H. annus.

✓ Búsqueda de parálogos y homólogos 3 genes reguladores florales y sus proteínas codificadas.
Se encontró en *A. thaliana* un total de 4 genes homólogos para FT, 3 para SOC1 y 1 para LFY.
Los homólogos hallados en *H. annuus* son 4 para FT, 1 para SOC1 y 1 para LFY, denominados HaFT1, HaFT2, HaFT3, HaFT4, HaSOC1 y HaLFY, respectivamente.

✓ Comparación y Análisis filogenético entre los genes de las dos especies
El gen FT de *A. thaliana* mostró mayor relación filogenética a HaFT1 y HaFT2, siendo más distante de HaFT4. Además, se muestra una gran relación con el parálogo TWIN SISTER of FT. Mientras que para SOC1 la relación es bastante consistente con SOC1, siendo más alejado de los parálogos AGL71, AGL42, AGL6, AGL19 y AGL14.

✓ Determinación del efecto de las PGPR sobre el tiempo de floración de *H. annus*
Para la variedad Ha89, las plántulas inoculadas con las cepas 27 y 46 se marchitaron, por lo tanto, solo se evaluaron las 3 cepas restantes. Se observó que no hay diferencia significativa para el número de días transcurridos para iniciar la floración y la antesis.

Para los híbridos cobalt II y Ausigold 65, se observó que en primer lugar la distribución de datos no fue normal por lo que las comparaciones se realizaron con Kruskal-Wallis. En estos híbridos también se consideró el parámetro de tamaño de inflorescencia. Se encontró que para Cobalt II es significativo el número de días transcurridos para llegar a la antesis al inocularse con las cepas 27 y 46, siendo mayor el número de días cuando se inocula.

Conclusiones

- Se cuenta con 5 cepas catalogadas como Rizobacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal que modifican parámetros de la floración en *A. thaliana*.
- Los efectos de las cepas sobre *A. thaliana* varían según la cepa empleada en la inoculación.
- Los genes de FT, SOC1 y LFY se relacionan con los homólogos hallados en *H. annuus*.
- El efecto de las cepas es diferente en plantas de *A. thaliana* que en *H. annuus*.

Agradecimientos

A NCRPIS y NUSEED por proporcionar las semillas de *Helianthus* que fueron empleadas en el presente trabajo.

Referencias

Cárdenas, F.A., A.A. Estrada y V. Olalde-Portugal. 2007. Yield and Quality enhacement of marigold flowers by inoculation with *Bacillus subtilis* and *Glomus fasciculatum*. Journal of Sustainable Agriculture. 31(1):21-30.

Cleland, E.E., I. Chuine, A. Menzel, H.A. Mooney, M.D. Schwartz. 2007. Shifting plant phenology in response to global change. Trends Ecol Evol 22:357–365

de los Santos-Villalobos S, S. de Folter, J.P. Délano-Frier, M.A. Gómez-Lim, D.A. Guzmán-Ortiz y J.J. Peña-Cabriales. 2013. Growth Promotion and Flowering Induction in Mango (*Mangifera indica* L. cv ''Ataulfo'') Trees by *Burkholderia* and *Rhizobium* Inoculation: Morphometric, Biochemical, and Molecular Events. J Plant Growth Regul 32:615–627

Friedam, W.E. y S.K. Floyd. 2001. Perspective: The origin of flowering plants and their reproductive biology-a tale of two phylogenies. Evolution 55(2).

Ownley, B., D. Seth, C. Hamilton, y M. Dee. 2001. Effects of plant-growth promoting-rhizobacteria on biomass, flowering, and yield of field tomatoes. University of Tenese.

Takeno, K. 2012. Stress-Induced Flowering. Libro: Abiotic Stress Responses in Plants: Metabolism, Productivity and Sustainability.

Wagner, M., D.S. Lundberg, D. Coleman-Derr, S.G. Tringe, J.L. Dangl y T. Mitchell-Old. 2014. Natural soil microbes alter flowering phenology and the intensity of selection on flowering time in a wild *Arabidopsis* relative. Ecology Letters 17:717–726

ROCA ZEOLÍTICA NATURAL COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA EL TRATAMIENTO AVANZADO DE AGUAS CON PRESENCIA DE COLORANTES

Torres-Perez, J.[1*]; Rodríguez –Zapién, K.V.[1]; Carrasco-Urrutia, K.A.[1]

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

*Autor responsable: jonatan.torres@uacj.mx; Anillo Envolvente del Pronaf y Estocolmo s/n, Zona Pronaf, Ciudad Juárez, Chihuahua. México. CP 32310. Tel +52 (656) 688-1821

Resumen
En los últimos años se ha investigado la utilización de nuevos materiales adsorbentes para la eliminación de contaminantes orgánicos presentes en medio acuoso como son los colorantes. La adsorción se considera hoy en día como una de las mejores tecnologías disponibles en la eliminación de contaminantes orgánicos presentes en el agua. Muchos materiales utilizados para el tratamiento de efluentes contaminados representan un inconveniente para su aplicación debido a los altos costos de los mismos. La búsqueda de materiales alternativos, abundantes y económicos, para el tratamiento de aguas contaminadas es un tópico de suma importancia para la eliminación de compuestos orgánicos persistentes presentes en el agua. El objetivo del presente estudio fue evaluar la capacidad de sorción de una roca zeolítica natural del estado de Chihuahua para la eliminación de un colorante orgánico (Tartrazina) en medio acuoso. La zeolita natural fue modificada con una sal cuaternaria de amonio y posteriormente se realizaron pruebas de sorción para determinar el efecto de dicha modificación sobre la disminución de la concentración de Tartrazina. El equilibrio de sorción del colorante sobre la zeolita se alcanzó en las primeras 8 h. Los experimentos cinéticos fueron realizados a temperatura ambiente (25 °C) y el ajuste de los datos experimentales se dio al modelo cinético de pseudo-segundo orden. Finalmente, se comprobó que la modificación previa de la roca zeolítica con un surfactante catiónico mejoró la capacidad de sorción de la zeolita para la remoción de Tartrazina aumentando de 1.2 hasta 15.9 mg/g después de la modificación superficial.

Palabras clave
Roca zeolítica, Tartrazina, Sorción.

Introducción
La contaminación del agua es uno de los problemas más preocupantes en la actualidad, ya que cada vez perjudica con mayor impacto al ambiente. En las aguas residuales se pueden encontrar sólidos de diversos tamaños, microorganismos y material biodegradable, mientras que las aguas residuales industriales (dependiendo de la clase de industria que las genera) tienen una composición variable y compleja, pudiéndose encontrar contaminantes orgánicos biodegradables, orgánicos persistentes, metales pesados y colorantes, los cuales pueden ser eliminados por diversos procesos físicos y químicos (Alcántara, 2016).

Los colorantes son considerados como agentes contaminantes de gran importancia, son de difícil degradación en el ambiente debido a sus estructuras químicas complejas, además su presencia en el agua puede provocar riesgos a la vida acuática; algunos de ellos inhiben la penetración de la luz solar

en los cuerpos de agua y la reducción de la fotosíntesis, además pueden consumir el contenido de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua que se necesita para la vida acuática. Algunos de ellos tienen un efecto tóxico directo sobre las poblaciones microbianas e incluso pueden ser cancerígenos o tóxicos para los mamíferos (Pinheiro *et al*., 2004), por lo que son considerados como contaminantes orgánicos persistentes COP's. (Wang *et al.*, 2007).

Los colorantes por lo general suelen ser compuestos orgánicos que son utilizados para dar color a numerosas sustancias como aceites, ceras, plásticos, en la industria textil, alimenticia entre otras, donde el 40% corresponde a colorantes azóicos (Shahab, 2015). Entre estos colorantes se encuentra la Tartrazina, cuyo nombre de IUPAC es: ácido 4,5- dihidro-5-oxo-1-(4-sulfofenil)-4-[(4-sulfofenil) azol]-1-H-pirazol-3-carboxílico, sal trisódica y de fórmula molecular $C_{16}H_9N_4Na_3O_9S_2$. Es empleado en las industrias textil y alimenticia para proporcionar el color amarillo a diferentes tipos de productos, entre ellos bebidas endulzadas y golosinas.

Los efluentes de colorantes son los responsables de las principales preocupaciones ambientales en tratamientos de aguas, para minimizar este impacto se han utilizado técnicas como la adsorción con materiales sólidos que ha sido un método prometedor para el tratamiento de aguas contaminadas. Otra ventaja del proceso de sorción es su simplicidad operativa, bajo costo, la disponibilidad en gran cantidad a lo que refiere del adsorbente y la capacidad de tratar los contaminantes en escala grande (Panic, 2014; Sismanoglu *et al*., 2001).

En este contexto, varios investigadores han estudiado la eliminación de tintes de soluciones de mono-componente utilizando adsorbentes de bajo costo como las zeolitas que se han estudiado en los últimos años debido a las variadas aplicaciones industriales, como en la remoción de moléculas disueltas en aguas residuales. Estas moléculas para su eliminación interactúan de forma directa con las cargas negativas que se encuentran en las superficies internas y externas de las zeolitas naturales. Sin embargo, pueden existir aniones o solutos no-iónicos que no pueden ser eliminados, ya que estos presentan un tamaño de partícula mayor y no pueden introducirse en las cavidades de las zeolitas, por lo que interactúan solo en la superficie externa, por lo que su efectividad se ve limitada (Wen *et al*., 2016).

Para aumentar su eficiencia al remover sustancias orgánicas o contaminantes presentes en los efluentes, se comenzaron a realizar modificaciones en sus canales y poros con surfactantes catiónicos, para remplazar cuantitativamente por cationes inorgánicos y adquirir cargas positivas. Las rocas zeolíticas tienen propiedades únicas para aplazar y retener contaminantes. Las ventajas de usar estos materiales modificados, es que son abundantes, de bajo costo, contienen una estructura con cargas negativas que permiten que puedan ser modificadas para mejorar la retención de los contaminantes orgánicos entre ellos los colorantes aniónico tanto por unión hidrófoba y por atracción electrostática (Jin *et al*., 2014), además que presentan un sistema de cavidad adsorbente selectivo que les da la capacidad de poder sorber moléculas neutras hidrófobas u orgánicas.

Materiales y Métodos

Obtención de la zeolita

Se utilizó una cantidad aproximada de 100 g de zeolita proveniente de un yacimiento ubicado en el municipio de Santa Isabel en el Estado de Chihuahua. Dicho material fue extraído directamente de dicho sitio con ayuda de herramientas de extracción para minerales.

Molienda y tamizado de la zeolita

La roca zeolítica (100 g), se trituró y tamizó para obtener partículas con un diámetro de entre 1.0 y 0.5 mm la cuál posteriormente fue acondicionada con NaCl para favorecer el intercambio de iones. Posteriormente 15 g de la zeolita acondicionada con NaCl se modificó con un surfactante catiónico.

Acondicionamiento de la zeolita con cloruro de sodio

La zeolita se trató con una solución de 0.125 M de cloruro de sodio, para reemplazar los cationes originales de la zeolita (Mg, Ca, K) por iones de sodio y obtener una zeolita con superficie homoiónica. Se pusieron en contacto 50 g de zeolita con 250 mL de solución de NaCl en reflujo constante por un periodo de 8 h. Transcurrido ese tiempo, se realizó una separación de fases por decantación y se le agregaron 250 mL de solución nueva de NaCl a la zeolita, este proceso se repitió cuatro veces hasta completar un total de 16 h. Concluido el procedimiento anterior la zeolita se lavó diez veces con agua destilada para eliminar los iones cloruro. Para verificación de eliminación de los iones Cl- se realizó una prueba de precipitación utilizando nitrato de plata 0.01 M hasta observar que no existe la presencia de un precipitado blanco indicativo de la formación de AgCl.

Modificación de la zeolita con surfactante

Después del acondicionamiento de la zeolita se continuó con la modificación de ésta con el surfactante catiónico. Donde se colocó 25 g de zeolita sódica en agitación (50 rpm) con 250mL de una solución de 30mmol/L de surfactante catiónico por un periodo de 48 h a una temperatura de 30 °C en un baño de agua; terminado el periodo se le realizó un lavado de diez veces con 250 mL de agua destilada, dicho proceso de lavado durante un periodo total de 12 días.

Cinéticas de sorción

Se pusieron en contacto 0.25 g de zeolita natural con 250 mL una solución de tartrazina a una concentración inicial de 50 mg/L. Se tomaron alícuotas de 2 mL a diferentes tiempos de contacto: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 24, 48, 72 horas hasta alcanzar el equilibrio de sorción. En cada alícuota se cuantificó la concentración de colorante por espectrofotometría UV-visible usando un equipo marca Jenway Modelo 7315 a una longitud de onda de 425 nm. Este proceso también se aplicó a la zeolita sódica y modificada.

Resultados y Discusión

Los estudios cinéticos son importantes para entender la dinámica de adsorción en términos de orden de la constante de velocidad. Con el fin de evaluar la cinética de adsorción de Tartrazina en los materiales zeolíticos, se muestran en la Fig. 1 la variación en la concentración del colorante Tartrazina con respecto al tiempo después de estar en contacto con la roca zeolítica natural y modificada. Se realizaron una serie de experimentos para determinar el tiempo óptimo necesario para alcanzar el equilibrio en este estudio. En la Fig. 1 se muestran las capacidades de adsorción de Z-Nat, Z-Na y Z-M para la eliminación de Tartrazina en función del tiempo de contacto con una concentración inicial de 50ppm. Se observa Z-M que conforme el tiempo de contacto la cantidad de colorante adsorbido en las muestras de zeolita se incrementa de manera significativa. La velocidad de sorción del colorante fue rápida durante las primeras 24 horas y alcanzó el equilibrio a partir de las 72 horas donde se mantuvo constante, a partir de ese momento no se observó ningún cambio significativo posterior. La capacidad máxima de sorción de Tartrazina se alcanzó hasta 15mg/g con la Z-M. Mientras que Z-Nat y Z-Na no presentaron capacidad de sorción, ya que no se observa una disminución en la concentración de Tartrazina conforme aumenta en tiempo de contacto.

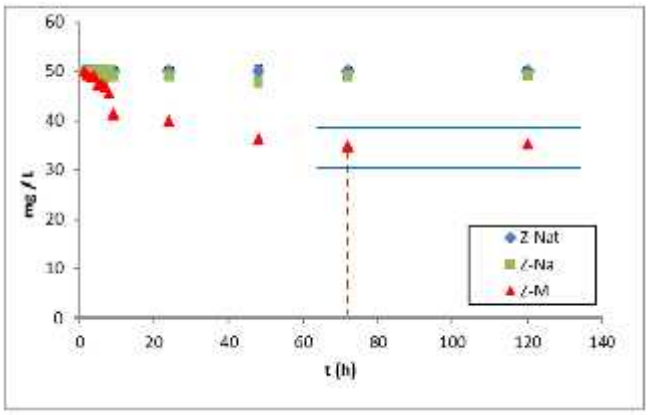


Figura 1. Cinéticas de Sorción de Tartrazina sobre zeolita natural (Z-Nat), sódica (Z-Na) y modificada (Z-M) con una concentración inicial de 50 ppm y temperatura de 25 ± 2 °C.

Cuadro 1. Parámetros cinéticos del proceso de sorción de sorción de Tartrazina sobre Z-Nat, Z-Na y Z-M.

Material	Modelo Cinético	Ecuación	*K (g/mgh)*	*R*
Z-Nat	Primer orden	qt = 0.09 (1-exp(.01818)t)	0.01818	0.8422
	Pseudo-segundo orden	t/qt = 1/(K (40.1463)^2) + (t/40.1463)	0.00001	0.6416
	Elovich	qt=(1/13.9491)*(log10(1+(0.0056)*13.9491)*t)	0.0056	0.8378
Z-Na	Primer orden	qt = 1.12(1-exp(0.0020)t)	0.0020	0
	Pseudo-segundo orden	t/qt = 1/(K (1.12)^2) + (t/1.12)	217.39	0
	Elovich	qt=(1/2.0178)*(log10(1+(0,0081)*2.0178)*t)	0.0010	0
Z-M	Primer orden	qt = 15.90941 (1-exp(0.41784)t)	0.4178	0.9812
	Pseudo-segundo orden	t/qt = 1/(K (15.9094)^2) + (t/15.9094)	203.261	0.9770
	Elovich	qt=(1/0.1103)*(log10(1+(2.7914)*0.1103)*t)	2.7914	0.9564

Se ajustaron los datos experimentales a los modelos cinéticos de pseudo-primer orden, pseudo-segundo orden y Elovich para calcular el valor de K (constante de velocidad de sorción) y el coeficiente de correlación que se muestran en el cuadro 1. Los resultados mostrados en el Cuadro 1 establecen que los materiales Z-Nat y Z-Na no se ajustaron a ningún modelo cinético de los aplicados. Para Z-M el valor de R obtenido del ajuste de los datos experimentales al modelo cinético de pseudo-primer orden fue de 0.9812 lo que indica que dicho modelo cinético describe de forma aceptable del

proceso de adsorción de Tartrazina sobre Z-M. Este modelo supone que la superficie adsorbente es energéticamente homogénea y no presenta un valor significativo de desorción o interacciones entre las especies adsorbidas que puedan afectar a la cinética de adsorción. Así mismo, una buena correlación con el modelo de Elovich sería indicativo de que el mecanismo de eliminación de la molécula de colorante es una quimisorción.

Conclusiones

La zeolita natural y sódica no mostraron capacidad de adsorber el colorante azóico (Tartrazina), ya que estos materiales no cuentan con sitios activos para la remoción de moléculas de colorante. La zeolita modificada con surfactante removió al colorante azóico Tartrazina (15mg/g) partiendo de una solución con Co = 50mg/L a temperatura ambiente. Por lo que se pueden aplicar zeolitas modificadas con un surfactante catiónico como materiales adsorbentes para la eliminación de Tartrazina en solución acuosa. El proceso de sorción de tartrazina con la Z-M alcanzó el equilibrio a partir de las 72 horas. La zeolita proveniente de Chihuahua es un adsorbente alternativo de bajo costo, natural y abundante, además que demostró ser un material con una capacidad de sorción eficiente para aplicarse al tratamiento de aguas residuales para disminuir la contaminación causada por la presencia de colorantes en los efluentes.

Agradecimientos

El presente trabajo fue realizado con apoyo del Proyecto: PROMEP/103.5/12/3457 así como con el Proyecto: Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del Estado de Chihuahua No. CHIH-2012-C03-194671.

Referencias

Alcántara, A. 2016. Remoción de amarillo 5 por un material zeolítico acondicionado con hierro. 60pp. Accesado el 28 de abril 2016. Obtenido dehttp://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/42/061/42061160.pdf.

Jin, X.; Yu, B.; Chen, Z.; Arocena, J.M.; Ronald, W. 2014. Adsorption of Orange II dye in aqueous solution onto surfactant-coated zeolite: Characterization, kinetic and thermodynamic studies. Journal of Colloid and Interface Science. 435: 15–20.

Panic, V.V.; Velickovic, S.J. 2014. Removal of model cationic dye by adsorption onto poly(methacrylic acid)/zeolite hydrogel composites: Kinetics, equilibrium study and image analysis. Separation and Purification Technology. 122: 384–394.

Pinheiro, H. M., Touraud, E., & Thomas, O. 2004. Aromatic amines from azo dye reduction: status review with emphasis on direct UV spectrophotometric detection in textile industry wastewaters. Dyes and Pigments. Vol. 61. Pp 121–139.

Shahab, S.; Haji, F.; Filippovich , L.; Darroudi, M.; Aleksandrovich, V.; Kumar, R. 2015. Molecular structure and UV-Vis spectral analysis of new synthesized azo dyes for application in polarizing films. Dyes and Pigments. 129: 9-17.

Sismanoglu, T.; Pura, S. 2001. Adsorption of aqueous nitrophenols on clinoptilolite. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 180: 1–6.

Wang, S.; Ariyanto, E. 2007. Competitive adsorption of malachite green and Pb ions on natural zeolite. Journal of Colloid and Interface Science. Vol. 314. pp. 25- 31.

Wen, J.; Yuanjie, Y.; Zeng, G. 2016. Effects of modified zeolite on the removal and stabilization of heavy metals in contaminated lake sediment using BCR sequential extraction. Journal of Environmental Management. 178: 63-69.

PERFIL DE COMPUESTOS VOLÁTILES EN FRAMBUESA

Trujano-Fragoso, D.E.[1]; López-Romero, R.M.[1]*; Trinidad-Santos, A.[1]; Velasco-Cruz, C.[1]; Becerril-Román, A.E.[1]; Cortés-Penagos, C.[2]

[1]Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México. México.
[2]Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán. México.

*Autor responsable: rosal@colpos.mx; Km 36.5 Carretera México-Texcoco. C.P. 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México.; Tel. +52 (595)- 952-0200 Ext. 1238

Resumen
En México, el cultivo de frambuesa se ha incrementado considerablemente por la alta demanda que tiene este fruto en el extranjero, debido a sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antimicrobianas, antitumorales y nutracéuticas. Estas son dadas entre otros por su sobresaliente capacidad antioxidante y por analitos como el ácido elágico. Muchos de los compuestos que le dan el olor y sabor característico a la frambuesa, se vinculan con compuestos volátiles y se pueden determinar con microextracción en fase sólida. Las variedades que actualmente se producen en México, no se han caracterizado en ese sentido, por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar el perfil de compuestos volátiles en frambuesa en cuatro cultivares del estado de Michoacán. Mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, se determinó el perfil de compuestos volátiles. Tentativamente se identificaron seis compuestos en las variedades estudiadas: nonanal, β-Citronelol, β-damacenona, α-ionona, Dihidro-β-ionona y β-ionone. Los compuestos anteriores se encontraron en la mayoría de los cultivares en proporciones diferentes. En Polka se encontró la mayor proporción de α-ionona y en menor proporción se detectó el citronelol en todos los cultivares

Palabras clave:
Microextracción en fase sólida (SPME); cultivares; frambuesa.

Introducción
En México, el cultivo de la frambuesa se ha incrementado considerablemente desde 2003 por la alta demanda de esta fruta en el extranjero, debido a sus propiedades nutracéuticas. Tan sólo en 2014, se produjeron 35 627 ton de frambuesa, con un valor de producción de 1 402 714 miles de pesos, siendo los principales productores los estados de Michoacán y Jalisco (SIAP, 2015). En dicha región se han introducido nuevos cultivares con altos estándares de calidad, con el fin realizar trabajo de mejoramiento genético y aumentar la productividad.

Comparadas con otras berries, las frambuesas contienen mayor concentración de compuestos volátiles (62 $mg \cdot kg^{-1}$), por lo que ocupan un lugar de élite en la preferencia de los consumidores, tanto por su sabor, olor y valor nutracéutico (Honkanen, 1980; Vuorela *et al*., 2005; Ovaskainen *et al*., 2008). Se atribuye a los compuestos volátiles, los olores y sabores que caracterizan a los frutos y que, en ocasiones establecen su calidad y su valor nutracéutico. Ejemplo de ello, las pruebas *in vitro* y bioensayos *in vivo*, sugieren que las β-iononas pueden ayudar en la prevención y tratamiento del cáncer de colón (El Hadi *et. al*, 2013; Janakiram *et al.*, 2008). Los compuestos volátiles responsables del aroma en berries, se atribuyen a los esteres, cetonas, aldehídos, terpenoides, furanonas, alcoholes y compuestos azufrados (Forney, 2001). Específicamente en frambuesa, se han encontrado: cetonas, alcoholes, ésteres, mono y sesquiterpenos, α- y β-iononas, aldehídos alifáticos saturados e

insaturados, así como algunos compuestos nitrogenados (Robertson *et al.*, 1993; Robertson *et. al.*, 1994; Paterson *et al.*, 2013). Diversos factores pueden influir sobre el tipo y cantidad de volátiles, tanto por parte del fruto (madurez, cultivar, lugar y época de producción, manejo pre y post-cosecha, etc.), así como por el método de extracción y determinación (Forney, 2001; Malowicki *et al.*, 2008; Paterson *et al.*, 2013). Los volátiles varían en gran medida, cualitativa y cuantitativamente entre cultivares, lo cual explica la diferencia de sabores.

Asimismo, conforme el fruto va madurando y va cambiando de color, la concentración de los volátiles se incrementa, compuestos como, α- y β-iononas, aparecen cuando los frutos comienzan a madurar y, no se encuentran en frutos verdes (Forney, 2001; Robertson *et al.*, 1995). En algunos casos, se pueden encontrar diferencias en la cantidad y proporción de compuestos aromáticos, aún en frutos de un mismo cultivar, si las condiciones en las que se produjeron fueron distintas. Diferentes climas y sitios de producción pueden afectar la actividad y los niveles de precursores de enzimas, lo que repercute en el desarrollo del sabor de los frutos (Forney *et al.*, 2000; Wang *et al.*, 2005). En el almacenamiento post-cosecha, factores como temperatura y la exposición a la luz pueden afectar el patrón de la síntesis de volátiles (Forney *et al.*, 2000).

La principal ventaja de la microextracción en fase sólida (SPME) es que no emplea solventes (Fritz y Macka, 2000). Robertson *et al.* (1993) cuantificó algunos compuestos volátiles en flores de frambuesa, probando dos polímeros (Haysep Q y Tenex TA), y observaron que la presencia de ciertos compuestos se hace más evidente cuando cambia el material de adsorción. Tiitinen *et al.* (2006) determinaron compuestos volátiles en berries congeladas usando una fibra de divinylbenzeno/carboxeno/polidimetilsiloxano, con la cual encontraron 45 compuestos, los que se identificaron en diferentes proporciones en las siete variedades estudiadas. En contraste, cuando usaron una fibra de divinylbenzeno/polidimetilsiloxano cuantificaron 11 analitos volátiles.

Hasta donde se sabe, en México no hay reportes de los compuestos volátiles en las variedades establecidas en las principales regiones productoras, por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar el perfil de compuestos volátiles en frambuesa en cuatro cultivares del estado de Michoacán mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.

Materiales y Métodos

Microextracción en fase sólida

Se empleó una fibra de 100 µm de polidimetilsiloxano (PDMS, Supelco), acondicionada de acuerdo las instrucciones del proveedor. Se utilizaron viales de rosca HS (del inglés headspace) de 20 ml con septo de PTFE.

Muestras

Las muestras empleadas en este trabajo forman parte de otra investigación en la que se caracterizaron los frutos de los cvs. 'Adelita' (A), 'Erika' (E), 'Lupita' (L) y Polka (P) en cuanto a características de calidad interna, externa, capacidad antioxidante y concentración de ácido elágico. Las muestras se colectaron en el municipio de Zamora, Michoacán en plantaciones comerciales establecidas. Los frutos se cosecharon con un estado de madurez cercano al consumo, se trasladaron al laboratorio en condiciones de refrigeración y se almacenaron a -18ºC, hasta el momento del análisis.

Extracción de volátiles por microextracción en fase sólida

Los compuestos orgánicos volátiles fueron extraídos por microextracción en fase sólida (SPME, por sus siglas en inglés) por monitoreo en el espacio de cabeza (HS-SPME). Para la extracción de los

compuestos volátiles se utilizó el método empleado por Tiitinen *et al.* (2006), con algunas modificaciones. En un horno de microondas, por 20 segundos se descongelaron 50 g de fruta. Se trituraron en un mortero, se homogeneizaron y se filtraron en una tela porosa. El método propone pesar 20 g de jugo en un matraz Erlenmeyer, pero no se indica el volumen del matraz. En el presente estudio se emplearon viales HS (headspace, por sus siglas en inglés) de 20 mL, en los que se pesaron 8 g de jugo. Tapado el vial, se dejó en reposo 20 minutos. La técnica sugiere que la fibra se exponga 40 min. En esta investigación se aumentó el tiempo de exposición de la fibra a 90 min, observándose aumento en el área de los compuestos. Por lo que en todas las muestras, la fibra de PDMS se expuso 90 min al espacio de cabeza del vial a temperatura ambiente. Los compuestos orgánicos volátiles fueron desorbidos en el puerto de inyección del cromatógrafo, operado en modo 'splitless'. Previo al análisis de las muestras, se analizaron blancos de la fibra y del vial.

Instrumentación

El análisis de los compuestos volátiles se llevó a cabo en un cromatógrafo de gases Agilent Technologies 5975A acoplado a un detector selectivo de masas 5975C. La separación se llevó a cabo en una columna HP-5ms (30 m x 0.25 mm, 0.50 µm). La temperatura del inyector y del detector fue de 250ºC. La rampa de temperatura empleada fue: 35ºC durante 12 min, 10ºC/min hasta 105ºC, 1ºC/min hasta 135ºC y 20ºC/min hasta 230ºC por 5 min. El tiempo de desorción de la fibra fue de 10 min y el análisis se realizó en modo Scan (40-350 m/z).

Análisis cualitativo

La identificación de los compuestos volátiles se realizó mediante la comparación de los espectros de masas obtenidos con los espectros de masas de la librería NIST. Indudablemente que asegurar la autenticidad de los compuestos encontrados implicaría, por un lado, contar con los estándares de cada analito, y por otro, con las determinaciones de los índices de retención lineales de cada compuesto. Con la finalidad de determinar diferencias estadísticas de los compuestos tentativamente determinados, en los cinco cultivares, se realizó una comparación de medias de los siete compuestos encontrados mediante el programa SAS, versión 9.0

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se muestra los compuestos volátiles que se identificaron en los cultivares estudiados, todos ellos relacionados con el aroma de los frutos (Paterson *et al.*, 2013). A pesar de que estos seis compuestos se identificaron en la mayoría de los cultivares, se detectó variación en la proporción de cada uno de ellos. Lo cual coincide con lo reportado por Forney *et al.* (2001).

Cuadro1. Compuestos identificados mediante HS-SPME-GC-MS en jugos de frambuesa

Pico No.	Compuestos identificados	Cultivar†
1	Aldheído C-9 (Nonanal)	A, E, L, P
2	6-octen-1-o1, 3, 7-dimetil- (β-Citronelol)	A, E, L
3	2-buten-1-ona, 1-(2,6,6-trimetill-1,3-ciclohexadieno-1-il) (β damacenona)	A, E, L, P
4	3-buten-2-ona, 4-(2,6,6-trimetil-2-ciclohexeno-1-il) (α-ionona)	A, E, L, P
5	2-butanona, 4-(2,6,6-trimetil-1-ciclohexeno) (Dihidro-β-ionona)	A, E, L, P
6	3-buten-2-ona, 4-(2,6,6-trimetil-1 ciclohexeno-1-il) (β-ionona)	A, E, L, P

†Cultivares: Adelita (A); Erika (E); Lupita (L); Polka (P).

En la Figura 1A se muestra que la α-ionona, dihidro-β-ionona y β-ionona se presentaron en mayor proporción y en la Figura 1B los analitos con menor proporción: nonanal, β-Citronelol y β

damacenona. Se observa también que varía la proporción de los compuestos en cada cultivar. Al realizar la comparación de medias se encontraron diferencias estadísticas para cada cultivar ($\alpha<0.05$). El β-Citronelol, fue el compuesto encontrado en menor proporción en todos los cultivares analizados, cabe destacar que en la variedad 'Polka' no se detectó.

Jian (1991, citado por Paterson *et al.* 2013) destaca que se pueden encontrar hasta 230 compuestos volátiles que, en conjunto, determinan el olor y sabor característicos de la frambuesa, sin embargo, sólo 12 de estos se consideran de impacto, entre ellos están: α-, β iononas, α-ionol, β-damascenona, linalol, geraniol, (Z)-3-hexenol, benzil alcohol, acetoína, cetona de frambuesa y ácidos acético y hexanóico. De estos, en la presente investigación se detectaron: α-, β iononas y β-damascenona. Otras investigaciones detectan mayor número de analitos y ello está en función de las fibras utilizadas. Por ejemplo, Tiitinen *et al.* (2006) detectaron 44 analitos con una fibra de divinilbenzeno/carboxeno/polimetilsiloxano. Cabe hacer notar que las fibras son considerablemente onerosas y ello limita las investigaciones.

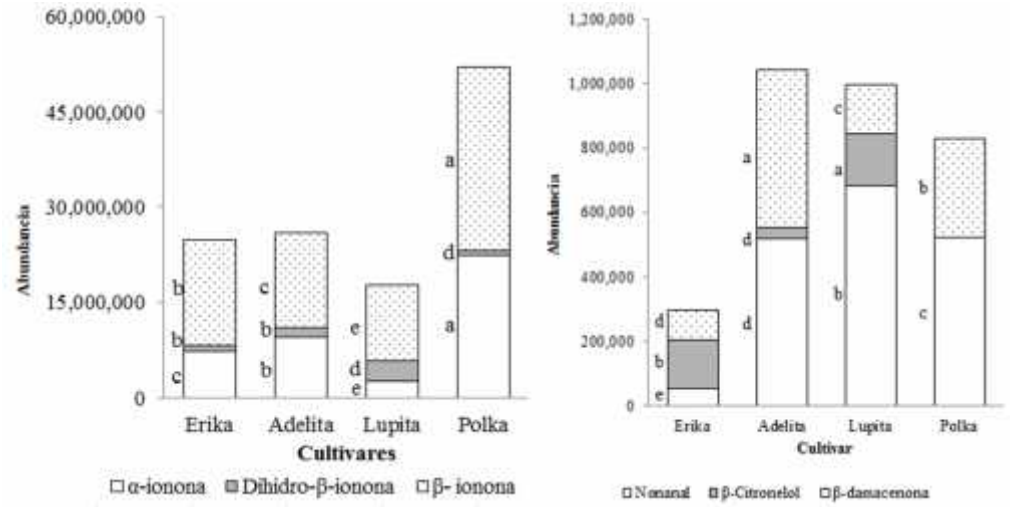


Figura 1. Comparación de medias de los compuestos volátiles encontrados A) en mayor proporción B) en menor proporción, en cinco variedades de frambuesa.

A manera de ejemplo, la Figura 2 muestra los cromatogramas de los cultivares 'Erika' y 'Polka' los cuales muestran variaciones, en el número de compuestos encontrados y en el tamaño de los mismos. El cromatograma de la variedad Erika presentó el mayor número de compuestos (37 picos) y la variedad Polka (18 picos).

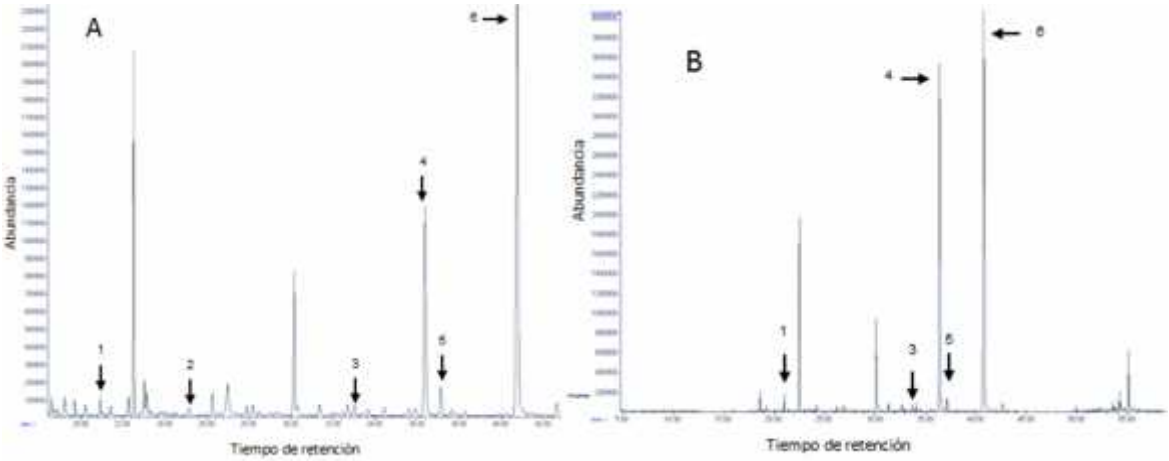


Figura 2. Análisis de compuestos volátiles por HS-SPME-GC-MS en los cultivares Erika (A) y Polka (B). (1) Nonanal, (2) β-citronelol, (3) β-damacenona, (4) α-ionona, (5) dihidro-β-ionona, (6) β-ionona.

Aunque no se muestran, el cromatograma de la variedad Lupita mostró 32 compuestos y el de la variedad Adelita 23 picos. Es de esperarse que en este trabajo no se detectaran todos los compuestos reportados en otras investigaciones, dada la naturaleza química de la fibra utilizada en esta investigación. De ahí la importancia de optimizar parámetros cómo: tiempo de exposición de la fibra, tiempo de equilibrio de las fases, tiempo de desorción de la fibra, etc. Finalmente es importante destacar que los compuestos más abundantes no son necesariamente los más importantes contribuyentes del aroma y otros que se encuentran en cantidades muy pequeñas y que pueden no detectarse, pero que en conjunto, contribuyen al aroma y sabor de los frutos. Es importante resaltar que muchos de estos analitos están siendo estudiados a nivel internacional por su efecto nutracéutico

Conclusiones

La fracción volátil del jugo de 4 variedades de frambuesa presentó como componentes mayoritarios: nonanal, Citronelol, β-damacenona, α-ionona, Dihidro-β-ionona y β-ionone.

Agradecimiento

Diana Elizabeth Trujano Fragoso agradece al CONACYT por la beca otorgada para la realización de sus estudios doctorales.

Referencias

El Hadi, M.A.M., Zhang, F.J., Wu, F.F., Zhou, C.H. and Tao, J. 2013. Advances in fruit aroma volatile research. Molecules 18: 8200–8229.

Fritz, J. S. and Macka M. 2000 J.Chromatogr. A. 902:137.

Forney, C. F. 2001. Horticultural and other factors affecting aroma volatile composition of small fruit. Horttechnology 11 (4): 529-538.

Honkanen, E., Pyysalo, T., Hirvi, T. 1980. The aroma of finnish wild raspberries, Rubus ideaus, L. Z. Lebensm Unters. Forsch. 0044-3026/80/0171:180-182.

Ligor, M., Wójcik, J., Buszewski, B. 2004. Aplication of the solid phase microextraction (SPME) and gas chromatography (GC, GC/MS) in food analysis. Pol. J. Food. Nutr. Sci. 13/54 (4): 355-362.

Malowick, S. M. M., Martin, R., Qian, M. C. 2008. Volatile composition in raspberry cultivars grown in the pacific northwest determined by stir bar sorptive extraction- gas chromatography- mass spectrometry. J. Agric. Food Chem. 56: 4128-4133.

Ovaskainen, M. L., Törrönen, R., Koponen, J. M., Sinkko, H., Hellström, J., Reinivuo, H. 2008. Dietary intake and major food sources of polyphenols in Finnish adults. The Journal of Nutrition. 138: 562–566.

Paterson, A., Kassim, A., McCallum, S., Woodhead, M., Smith, K., Zait, D., Graham, J. 2013. Enviromental and seasonal influences on red raspberry flavor volatiles and identification of quantitative trait lici (QTL) and candidate genes. Theor Appl Genet 126: 33-48.

Robertson, G. W., Griffiths, J. A., Woodford, J. A. T. Birch, A. N. E., Picket, J. A., Wadhams, L. J. 1993. A comparison of the flower volatiles from hawthorn and four raspberry cultivars. Phytochemistry. 33 (5): 1047-1053.

Robertson, G. W., Griffiths, J. A., Woodford, J. A. T. Birch, A. N. E. 1994. Changes in the chemical composition of volatiles released by the flowers and fruits of the red raspberry (Rubus ideaus) cultivar Glen prosen. Phytochemestry 38 (5):1175-1179.

SIAP. 2013. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera: Cierre de la Producción Agrícola por Estado. México. Recuperado de http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/

Steffen, A., Pawliszyn, J. 1996. Analysis of flavor volatiles using headspace solid-phase microextraction. J. Agric. Food Chem. 44: 2187-2193.

Vuorela, S., Kreander, K., Karonen, M., Nieminen, R., Hämäläinen, M., Galkin, A., Laitinen, L., Salminen, J.-P., Moilanen, E., Pihlaja, K., Vuorela H., Vuorela, P., Heinonen, M. 2005. Preclinical evaluation of rapeseed, raspberry, and pine bark phenolics for health related effects. J. Agric. Food Chem. 53: 5922-5931.

Wang, Y., Finn, C. Qian, M. C. 2005. Impact of growing environmental on Chickasaw blackberry (Rubus L.) aroma evaluated by gas chromatography olfactometry dilution analysis. J. Agric. Food Chem. 53: 3563-3571.

PRESENCIA DE CIANOBACTERIAS RELACIONADAS A LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

Trujillo-Tapia, M. N.[1*]; Ramírez-Fuentes, E.[2]; Cervantes-Hernández, P.[3];

[1, 2, 3] **Universidad del Mar.Puerto Ángel, Pochutla. Oaxaca. México.**

*Autor responsable: nieves@angel.umar.mx; Calle Cd. Universitaria s/Núm., Col. Puerto Ángel, Oaxaca. México. CP 70902; Tel. +52(958)-584-3078

Resumen
Las cianobacterias están presentes en diferentes tipos de suelo y son un bio-indicador de la calidad y fertilidad de este. El objetivo de la investigación fue determinar la influencia del tamaño de partícula y la capacidad de retención de agua del suelo (CRA), con la presencia de cianobacterias. La muestra de suelo se obtuvo de siete sitios agrícolas en la costa de Oaxaca, utilizados para la producción de maíz, sorgo y papaya. Las prácticas agrícolas han alterado la actividad biológica del suelo y potencialmente la presencia o ausencia de cianobacterias. Con el uso de un modelo de clasificación radial se estimó la probabilidad para validar la presencia o ausencia de los diferentes géneros de cianobacterias presentes en cada sitio. En los suelos estudiados predominaron las cianobacterias filamentosas (78%) por encima de las no filamentosas. La mayor diversidad de cianobacterias se encontró en el suelo con mayor porcentaje de arena, CRA media y sin actividad agrícola.

Palabras clave
Diazotrófica; diversidad; tamaño de partícula.

Introducción
Las cianobacterias son organismos procariontes fotosintéticos, forman parte de la biología del suelo y tienen un papel fundamental en la contribución de la fertilidad del suelo a través del incremento de carbono orgánico (Kabirov y Gaisina, 2009) y la fijación del nitrógeno en algunos géneros (Pankratova, 2006). Las cianobacterias al igual que otros organismos necesitan nutrientes (minerales, nitrógeno, fósforo, etc.) y condiciones ambientales óptimas (salinidad, temperatura, humedad, etc.) para sobrevivir en el suelo (Nayak y Prasanna, 2007; Whitton, 2000). Manchanda y Kaushik (2000), estudiaron la importancia de la salinidad y su relación con la presencia de especies de cianobacterias; encontraron que en un suelo aridisol con alta alcalinidad (pH 8.9) y baja salinidad (CE 2.4 dS m^{-1}) el número de especies de cianobacterias fue mayor con respecto al suelo con alta salinidad (CE 21 dS m^{-1}) e igual pH (8.9). De los elementos físicos del suelo, como el tamaño de partícula (arena, arcilla y limo) y la capacidad de retención de agua (CRA) se han reportado trabajos en la formación y establecimiento de los tapetes microbianos (Bowker *et al.*, 2010), pero no hay reportes donde se relacionen con la presencia de cianobacterias individuales (géneros); por esta razón, los objetivos planteados para este trabajo fueron: i) Registrar y validar probabilísticamente, la presencia de cianobacterias, en el suelo de la zona costera de Oaxaca; ii) Establecer la preferencia de las cianobacterias con relación al tamaño de partícula y capacidad de retención de agua del suelo.

Materiales y Métodos
La zona de muestreo del suelo fue la Costa e Istmo de Oaxaca (Fig. 1). Por sitio de recolecta y una vez acondicionado el suelo, las siguientes variables físicas se evaluaron en porcentaje: la capacidad

de retención de agua (CRA) según Forster (1995) y el tamaño de partícula (TS) según GeeyBauder, (1986). La TS se estructuró y clasificó, según el diámetro de grano en: arena (A), arcilla (AR) y limo (L). Con esta información y el CRA se realizó un análisis de correlación múltiple, para analizar la variación porcentual entre los siete sitios de recolecta. De cada una de las muestras obtenidas para el análisis bacteriológico, se tomaron 10 g de suelo al que se le agregó agua destilada y filtrada al vacío, usando filtros Whatman de 40 unidades; del sobrenadante, se tomaron alícuotas de 4 ml, que fueron acondicionados en medio de cultivo BG-110 (Rippka et al., 1979), bajo condiciones estrictas de esterilidad, utilizando una campana de flujo laminar horizontal (Alder CFH-13). La incubación de las muestras fue durante 21 días a 25 ± 1° C, con fotoperiodo de 12:12 y pH de 7.5. Posterior a la incubación y con un microscopio de contraste de fases (Olympus BX51), las cianobacterias fueron identificadas a nivel de género, empleando las claves taxonómicas de Komarek y Anagnostidis (2005). Para el suelo en cada sitio de recolecta, los registros de presencia (valor de 1) y ausencia (valor de 0) obtenidos para los géneros de cianobacterias, se validaron mediante el uso de una estimación de probabilidad confirmatoria o $\hat{P}(r)$. La validación se estructuró con un modelo radial de clasificación neuronal (Haykin, 1999), utilizando como señales la CRA y TS, que se registraron en cada sitio de recolecta. Los sitios de recolecta, se identificaron con el nombre de la comunidad en la que estuvieron localizadas; en la región del Istmo de Tehuantepec: Tagolaba (TG) y Juchitán (JU); y la región costera, en los municipios de Jamiltepec: La Boquilla (LB); Juquila: El Camarón (EC); y Pochutla: Puerto Ángel (PA), Hacienda Vieja (HV) y La Crucecita (LC) entre los 18º39´-15º39´ N y 93º52´-98º32´ W (Fig. 1).

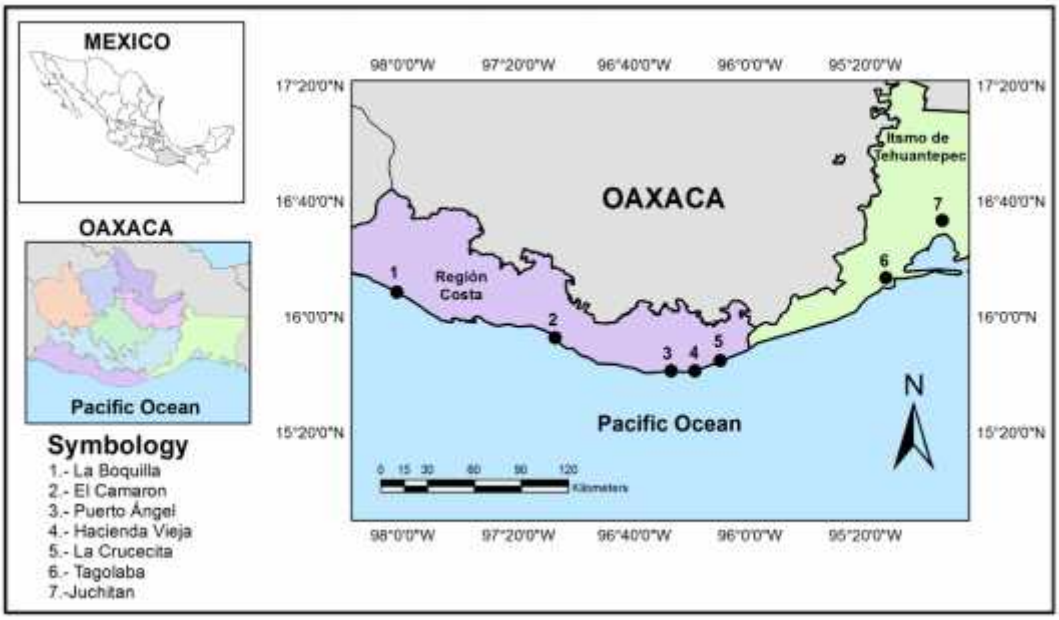


Figura 1. Región de estudio: zona costera del estado de Oaxaca, México. Sitios de colecta: 1) La Boquilla, 2) El Camarón, 3) Puerto Ángel, 4) Hacienda Vieja, 5) La Crucecita, 6) Tagolaba, y 7) Juchitán.

Resultados y Discusión

Se identificaron 9 géneros de cianobacterias, en los siete suelos de la costa e istmo de Oaxaca (Cuadro 1). Las cianobacterias que predominaron fueron las filamentosas (78%), de las cuales el 45% presentaron heterocitos (diazotróficas). Estos resultados son similares con lo reportado por Bharadwaj

y Baruah, (2013), y Nayak y Prasanna (2007). El suelo de PA y LC presentaron una mayor diversidad de cianobacterias (7 y 5 respectivamente). Este suelo además de tener un alto contenido de arena y una retención de agua media (54 y 40%), no ha tenido actividad agrícola, en cambio los suelos de TG, EC y LB con mayor actividad agrícola, son los que presentaron un solo género de cianobacteria filamentosa (*Phormidium* o *Fischerella*). Lo anterior es debido a las prácticas agrícolas, incluyendo la aplicación de herbicidas pre-emergentes y fertilizantes químicos nitrogenados. Las altas concentraciones de amonio (provenientes del fertilizante químico nitrogenado) son inhibitorias para el establecimiento y crecimiento de las cianobacterias fijadoras de nitrógeno, como lo confirman Zancan *et al*., (2006).

Cuadro 1. Relación de los géneros de cianobacterias identificados en los sitios de colecta: Juchitán (JU), Tagolaba (TG),La Crucecita (LC),Hacienda Vieja (HV), Puerto Ángel (PA), El Camarón (EC)and La Boquilla (LB).

Sitios de muestreo	Géneros de cianobacterias
JU	*Phormidium sp.*3, *Dermocarpa sp.*2, *Oscillatoria sp.*3
TG	*Phormidium sp.*2
LC	*Nostoc sp.*2, *Anabaena sp.*2, *Calothrix sp.*2, *Oscillatoria sp.*2, *Phormidium sp.*1,
HV	*Lyngbya sp.*1, *Nostoc sp.*3
PA	*Fischerella sp.*1, *Anabaena sp.*1, *Nostoc sp.*1, *Calothrix sp.*1, *Dermocarpa sp.*1, *Microcystis sp.*1, *Oscillatoria sp.*1,
EC	*Fischerella sp.*2
LB	*Fischerella sp.*3

Los suelos presentaron diferencias en la granulometría, dominando la A>L>AR, lo cual influyó en el establecimiento de los diferentes géneros de cianobacterias filamentosas con heterocitos, teniendo preferencia por los suelos arenosos y un menor contenido de agua (Figura 2).

La capacidad de las cianobacterias para resistir sequedad durante largos periodos de tiempo es debido a la producción de polisacáridos exudados al medio (exopolisacáridos) que permiten a las células mantenerse asociadas con otras células, o bien, con partículas del ambiente (Decho, 1990). Mazor *et al.*, (1996), encontraron que altas concentraciones de polisacáridos en suelos arenosos reducen la cantidad de agua que penetra al suelo, lo que sugiere que la capacidad de retención de agua está relacionada con las propiedades higroscópicas de los polisacáridos, permitiendo a las cianobacterias y a otros microorganismos soportar el estrés osmótico del agua y de la matriz (De Winder *et al.*, 1989), y su recuperación en los periodos de sequía (Ernst *et al.*, 1987). Por otro lado, los exopolisacáridos, no solo mejora la estabilidad de los agregados, protegiendo la superficie de la erosión, sino que también proveen de una fuente de carbono adicional, que junto con el nitrógeno que fijan las cianobacterias diazotróficas, favorecen y mejoran la actividad biológica del suelo (Lange *et al*., 1994; Zaady *et al*., 1998).

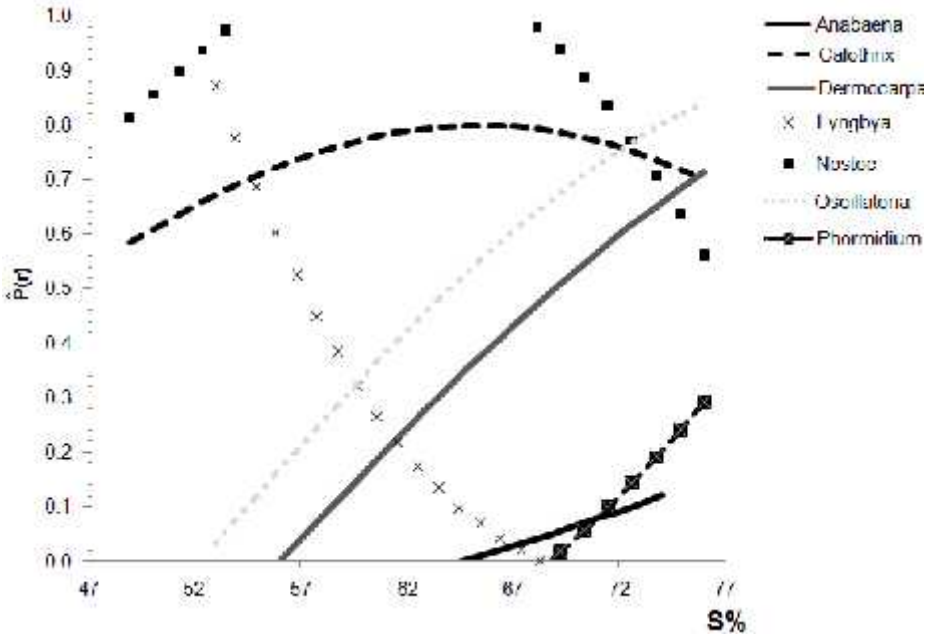


Figura 2. Tendencia de la presencia de los géneros de cianobacterias $\hat{P}(r)$ en relación al porcentaje de arena (S %) en los sitios de colecta. (a) *Anabaena sp.*, (b) *Calothrix sp.*, (c) *Dermocarpa sp.*, (d) *Fischerella sp.*, (e) *Lyngbya sp.*, (f) *Nostoc sp.*, (g) *Microcystis sp.*, (h) *Oscillatoria sp.*, (i) *Phormidium sp.*

Conclusiones

En los suelos estudiados de la costa de Oaxaca y a través de un análisis probabilístico-estadística, las cianobacterias filamentosas (78%) con heterocitos y se demostró que dominaron sobre las cianobacterias no filamentosas. Las cianobacterias en general, y las fijadoras de nitrógeno en particular, son conocidas por colonizar suelos pobres en nutrientes y por soportar largos periodos de desecación; las cianobacterias examinadas en este trabajo mostraron una selección de hábitats de acuerdo al tamaño de las partículas. Se encontró que expresan una preferencia por los suelos arenosos con capacidad de retención de agua (CRA) medio y sin actividad agrícola. El género *Lyngbya* presentó la más alta probabilidad [P (r)] para establecerse en un suelo con un CRA que va de 27 a 65%. Aunque *Lyngbya* no se encontró en todos los sitios de recolección con la técnica de identificación utilizada, el análisis de probabilidad sugiere que este tipo de cianobacteria es más común. Por tanto, es necesario en el futuro, el uso de técnicas moleculares para identificar dicha especie. En resumen, se propone que la principal variable que controla la presencia de cianobacterias en el suelo es CRA%, seguido de A%, AR% y L% constituyentes.

Agradecimientos

La investigación fue financiada por el Subsistema Nacional de Recursos Genéticos y Microbianos (SUBNARGEM) y la Fundación Produce Oaxaca A.C. Agradecemos a la M. C. Gabriela Hernández por su apoyo en la identificación de los géneros de cianobacterias.

Referencias

Bharadwaj, N. and P. P. Baruah. 2013. Diversity and abundance de N_2-fixing cyanobacterial population in rice field soil crusts of Lower Brahmaputra Valle agro-climatic zone. Journal Algal Biomass. 4: 23-33.

Bowker, A. M., T. F. Maestre and C. Escolar. 2010. Biological crusts as a model system for examining the biodiversity-ecosystem function relationship in soils. Soil Biology & Biochemistry. 42: 405-417.

De Winder, B., H.C.P. MatthijsandL.R. Mur. 1989. The role of water retaining substrata on the photosynthetic response of three drought tolerant phototrophic micro-organism isolated from a terrestrial habitat. Archives of Microbiology. 152: 458-462.

Decho, A.W. 1990. Microbial exopolymer secretions in ocean environments: their role(s) in food webs and marine processes. Oceanogr. Mar. Biol. 28: 73-153.

Ernst, A., T. Chen and P.Bóger. 1987. Carbohydrate formation in rewetted terrestrial cyanobacteria. Oecologia. 72: 574-576.

Forster, J. C. 1995. Soil physical analysis. pp. 105-121. In: Kassem A. & P. Nannipieri (eds.). Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press, San Diego, CA.

Gee, G. W. and J. W. Bauder. 1986. Particle size analysis. pp. 383-411. In: Klute A. (ed.). Methods of soil analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Soil Science Society of America, Inc. USA.

Haykin, S. 1999. Neural Networks: A Comprehensive Foundation. Prentice Hall International.

Kabirov, R. R. and L. A. Gaisina. 2009. Parameters of the Productivity of Soil Algae in Terrestrial Ecosystems. Eurasian Soil Science. 42(12): 1374-1379.

Komarek, J. and K. Anagnostidis. 2005. Cyanoprokaryota 2 Teil: oscillatoriales. In: Büdel, B., L. Krienitz, G. Gärtner& M. Schagerl (eds.) SÚbwssersflora von Mitteleuropa, Bd19/2. Gustav Fischer, Jena.

Lange, O. L., A. Meyer, H. Zellnerand U. Heber. 1994. Photosynthesis and water relations of lichen soil crusts: field measurements in the coastal fog zone of the Namib Desert. FunctionalEcology. 8: 253-264.

Manchanda, H. and A. Kaushik. 2000. Algal flora of the aridisols of Rohtak and salt-tolerance of the indigenous cyanobacteria. Tropical Ecology. 41(2): 217-233.

Mazor, G., G. J. Kidron, A.Vonshak andA. Abeliovich. 1996. The role of cyanobacterialexopolysaccharides in structuring desert microbial crusts. FEMS MicrobiologyEcology. 21: 121–130.

Nayak, S. and R. Prasanna. 2007. Soil pH and its role in cyanobacterial abundance and diversity in rice field soils. Applied Ecology and Environmental Research. 5: 103-113.

Pankratova, E.M. 2006. Functioning of Cyanobacteria in Soil Ecosystems. Euroasian Soil Science. 39(1): S118-S127.

Rippka, R., J. Deruelles, J. B. Waterbury, M. Herdman and R. Y. Stanier. 1979. Generic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria. Journal of GeneticMicrobiology. 111:1-61.

Whitton, B.A. 2000. Soils and Rice-Fields. pp. 233-255. In: Whitton A. & Potts M. (eds.). The Ecology of Cyanobacteria. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

Zaady, E., P. Groffmanand M. Shachak. 1998. Nitrogen fixation in macro and microphytic patches in the Negev desert. Soil Biology & Biochemistry. 30: 449-454.

Zancan, S., R. Trevisan and M.G. Paoletti. 2006. Soil algae composition under different agro-ecosystems in North-Eastern Italy. Agriculture, Ecosystems and Environment. 112: 1-12.

EFECTO DE LA INOCULACIÓN DE CEPAS NATIVAS DE RIZOBIOS, PRODUCTORAS DE COMPUESTOS PROMOTORES DE CRECIMIENTO, EN LA CAPACIDAD DE NODULACIÓN Y CONTENIDO DE NITRÓGENO EN LA BIOMASA DE *L. leucocephala*

Tzec-Gamboa, M.[1,2*]; Aguilar-Silveira, B.[2]; Ortiz-Vázquez, E.[1] Solorio-Sánchez, F.[2]; y Peña-Cabriales, J.[3]

[1]Instituto Tecnológico de Mérida. Mérida, Yucatán. México.
[2]Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Mérida, Yucatán. México.
[3]Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV-IRA). Irapuato, Guanajuato. México.

*Autor responsable:magtgam@hotmail.com; Av. Tecnológico km. 4.5 S/N Mérida, Yucatán, México. C.P. 97118. Tel: +52-999-96450 00

Resumen
Además de los efectos benéficos que ofrece la aplicación de una cepa de rizobio específica, en su capacidad de nodulación y de fijación de nitrógeno, algunas cepas producen compuestos promotores de crecimiento, como el ácido indol acético (AIA), metabolito de gran interés por estar involucrado en la formación y desarrollo de nódulos, y otros efectos que indirectamente ayudan al establecimiento de las plantas, ejerciendo algún efecto como biocontrol o mejorando la toma de nutrientes. En este contexto, el presente trabajo tuvo como finalidad evaluar cepas de rizobios nativas del estado de Yucatán, en su producción de AIA, y su efecto como inoculantes en plantas de *L. leucocephala.* Se evaluaron 12 cepas de rizobios en su producción de AIA en medio de cultivo ELMA suplementado con L-triptófano (0.1 mg/mL). Las cepas con mejor producción se inocularon en semillas de *L. leucocephala* y se establecieron utilizando polvo de piedra estéril como sustrato. Se realizaron tres muestreos a los 45, 75 y 105 días después de inoculada y sembrada la semilla. Las variables evaluadas fueron biomasa, número de nódulos y contenido de nitrógeno total. La cepa 74 tuvo la mayor producción de AIA (40.38 µg/mL), y también fue el tratamiento con mayor número de nódulos, ésta misma mostró un incremento de más del 30% sobre el control en contenido en peso seco a los 105 días. En cuanto al contenido de nitrógeno, a los 105 días el contenido de nitrógeno en los tratamientos (3-3.8 %) fue superior con respecto al control.

Palabras clave:
Rizobios; AIA; *L. leucocephala*

Introducción
Se conocen como rizobios a las bacterias que establecen una simbiosis con plantas leguminosas, formando nódulos en las raíces de la planta huésped y fijan nitrógeno atmosférico. Esta asociación contribuye aproximadamente en un 50% del nitrógeno fijado de la atmósfera y se basa en el intercambio de carbono por nitrógeno entre ambos simbiontes (Guiller, 2001). Además de los efectos benéficos que ofrece la aplicación de una cepa de rizobio específica, en su capacidad de nodulación y de fijación de nitrógeno, algunas cepas de rizobios están involucradas en la producción de compuestos promotores de crecimiento, estos microorganismos son conocidos como rizobacterias promotoras del crecimiento (PGPR), por sus siglas en inglés. Entre las actividades de las PGPR están la producción de fitohormonas, como ácido indol acético (AIA) y giberelinas principalmente (Oufdou *et al*., 2016). *Leucaena leucocephala* es una leguminosa nativa de la península de Yucatán capaz de

fijar nitrógeno atmosférico. Recientemente *Leucaena* ha cobrado mayor importancia en la recuperación de suelos degradados y en la alimentación animal (Sanginga, 1985; Palm *et al*., 2001). *Leucaena* ofrece múltiples beneficios, no solo al ambiente, también al productor ya que: protegen el suelo de la erosión y adicionan materia orgánica, proveen de alimento y sombra para los animales todo el año, contribuye a mitigar la emisión de gases de efecto invernadero (captura de C y fijación de N, contribuye a la reducción de emisión de metano de la ganadería), mejora la calidad de los alimentos para la población y como forraje en la producción animal. Sin embargo, para el establecimiento de plantas leguminosas, depende en gran medida de una simbiosis efectiva con cepas de rizobios específicos, para maximizar la fijación de nitrógeno e incrementar la producción de biomasa aprovechable (Urzúa, 2005). La aplicación de una cepa especifica, aislada del mismo medio (nativa), podría ofrecer ventajas considerables en sus características de interés como su capacidad de nodulación y de fijación de nitrógeno, con el propósito de disminuir o eliminar la necesidad de aplicación de fertilizantes.

Es importante orientar los esfuerzos por conocer los sistemas biológicos, y poder modificar las prácticas agrícolas lo suficiente, para que sea la fijación biológica de nitrógeno atmosférico, mediante la aplicación de cepas de rizobios nativas adaptadas al tipo de suelo de la zona, inóculo de leguminosas como la *Leucaena* para proporcionar el nitrógeno requerido para su sustentabilidad y tener menor dependencia de insumos externos en los agroecosistemas. En este sentido, en el presente trabajo el objetivo principal fue evaluar cepas nativas de rizobios asociadas a nódulos de *L. leucocephala*, en tres localidades del estado de Yucatán, en su producción de AIA, para utilizarlas como inoculantes en plantas de *L. leucocephala.*

Materiales y Métodos

Producción de ácido indol acético (AIA)

La cuantificación de la producción de AIA por las distintas cepas se llevó a cabo en un matraz de 125ml con 50 mL de medio de cultivo ELM (extracto de levadura, manitol), se adicionó 0.1 mg/mL de L-triptófano, se inoculó por triplicado con 10^7 células/mL de cada aislado bacteriano. Se incubaron a 30 ºC a 100 rpm (incubadora IKA, KS4000). Se tomó una alícuota del cultivo bacteriano y se centrifugó a 13,000 rpm por 3 min; al sobrenadante se le agregaron 2 mL de reactivo de Salkowski (1 mL de cloruro férrico 0.5 M; 50 mL ácido perclórico al 35%). La cuantificación de AIA fue determinada a 530 nm en un espectrofotómetro (Thermo Scientific, Genesys 20). El muestreo se realizó cada 24 hrs durante 6 días, hasta observar una disminución en la producción de AIA de cada cepa. Se realizó una curva patrón de 0, 2, 4, 8, 10, 15, 20, 30 y 40 ⇑g/mL (Gordon y Weber, 1950).

Ensayo nodulación

La efectividad de los aislados de rizobios para infectar semillas de *L. leucocephala*, se llevó a cabo con semillas previamente desinfectadas y escarificadas. Como sustrato, se utilizó polvo de piedra esterilizada en un horno a 120ºC durante 24 horas, con el propósito de eliminar bacterias presentes. El sustrato desinfectado se depositó en bolsas de plástico, en cada bolsa se sembraron tres semillas, sobre las que posteriormente se adicionó 1 mL del cultivo de rizobio. El cultivo de rizobio, se preparó a partir de células jóvenes de cada una de las cepas de rizobios que mostraron una producción sobresaliente de AIA. El inóculo se ajustó a 10^7-10^9 células/mL/semilla en solución salina. El desarrollo de las plantas se llevó a cabo en condiciones de invernadero. Los muestreos se realizaron a los 45, 75 y 105 días después de inoculadas; (CIAT, 1988).

El ensayo se instaló con 90 unidades experimentales, y cada tratamiento contó con 30 unidades experimentales bajo un diseño estadístico completo al azar, donde los tratamientos fueron: a) semillas

sin inocular, b) semillas inoculadas con *cepa nativa sin producción de AIA*, y c) semillas inoculadas con cepas nativas que produjeron AIA.

Variables de estudio

Al finalizar cada periodo de muestreo se tomaron cinco plantas seleccionadas aleatoriamente en las cuales se evaluó las siguientes variables: Número total de nódulos, producción de biomasa, y contenido de nitrógeno total.

Resultados y Discusión

El crecimiento y la producción de AIA comenzaron simultáneamente desde el primer día de incubación, alcanzando un punto máximo al día 3 en la mayoría de los aislados y luego disminuyó, coincidiendo con la finalización de su crecimiento exponencial. Esta disminución en los niveles de AIA pudo ser debido a la acción de enzimas oxidasas y peroxidasas que degradan el AIA en la fase estacionaria del cultivo bacteriano (Ghosh y Basu, 2002; Ghosh, *et al*., 2013). Los aislados obtenidos en la localidad de Xmatkuil (41-2, 47-B, 51-A, 57-B y 59-A) no mostraron producción de AIA.

La mayor producción de AIA, se observó en el aislado 74 (40.38 µg/mL), seguido del aislado 72 (29.30 µg/mL), ambos aislados obtenidos en la localidad de Motul. Los demás aislados que destacaron por tener una buena producción de AIA, fueron los aislados de la localidad de Caucel 40 (29.18 µg/mL) en el día 2 de incubación, 45 (25.45 µg/mL), y 46 (26.1 µg/mL). Todos éstos en el día 3 de incubación (Cuadro 1). Éstos aislados sobresalieron de los demás, posiblemente debido a una mejor utilización de los componentes del medio para la producción de AIA, comparado con los aislados 34b y 37b, que la producción máxima de AIA no sobrepasó los 18.21 µg/mL.

Cuadro 1 Producción de AIA de cada una de las cepas nativas evaluadas.

Aislado	Lugar	AIA (µg/mL)
34-B	Caucel	17.32
37-B	Caucel	18.21
40	Caucel	29.18
41-2	Caucel	---
45	Caucel	25.45
46	Caucel	29.68
47-B	Xmatkuil	---
51-A	Xmatkuil	---
57-B	Xmatkuil	
59-A	Xmatkuil	
72	Motul	30.69
74	Motul	40.38

Todos los tratamientos mostraron formación de nódulos excepto el control, en la que no se observó la formación de nódulos. Sobresalieron los tratamientos que se inocularon con la cepa 74 y 46 con un promedio de 7.8 nódulos/ planta a los 105 días, y 6 nódulos/ planta a los 75 días, respectivamente (Cuadro 2). El promedio de nódulos en plantas sin inocular en *L. leucocephala*, es de 2-3 nódulos por planta (Veasey, *et al*., 1997) y en plantas inoculadas de 4-16 nódulos por planta (Pereyra, *et al*., 2015), en un tiempo de 60 a 140 días.

Cuadro 2. Promedio de nódulos por tratamiento

Aislado	45 Días	75 Días	105 Días
40	0.5	5	1.9
41-2	0	3.3	2.5
46	1.3	6	4.5
74	11	2.3	7.8
Control	0	0	0

La cepa 41-2 tuvo el promedio menor de nodulación (2-3 nódulos /planta). Esta cepa no produjo AIA, lo que pudo influenciar en una baja nodulación de las plantas, con respecto a los tratamientos inoculados con cepas productoras de AIA (Marciarelli *et al*., 2014).
Con respecto al incremento en la biomasa, en los dos primeros muestreos, el peso seco de la parte aérea de las plantas no mostró mucha variación entre los tratamientos. En el tercer muestreo, sobresalió el tratamiento que se inoculo con la cepa 74 el cual mostró un incremento de más del 30% que el control (Figura 1).

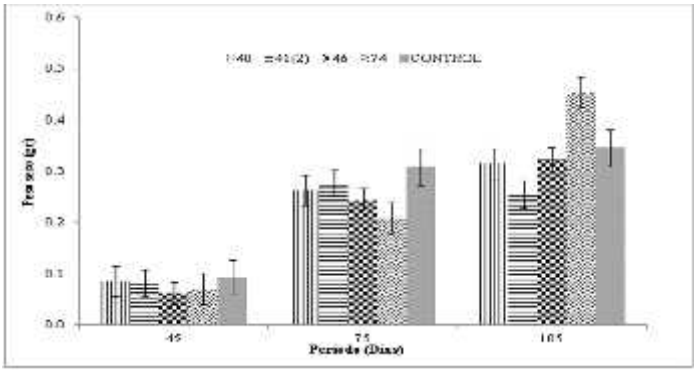


Figura 1. Biomasa (peso seco) de los diferentes tratamientos.

En la determinación de nitrógeno total de las plantas (Fig. 2), en el primer muestreo todos los tratamientos tuvieron el porcentaje más alto con respecto a los siguientes muestreos. Sin embargo, la cepa 46 registró un 5.44 % de nitrógeno, siendo ésta la cepa con el mayor porcentaje de nitrógeno y la cepa con menor porcentaje, fue la 40 que registro un 4.52 %. En el segundo y tercer muestreo, el contenido de nitrógeno, fue disminuyendo de manera gradual en todos los tratamientos.

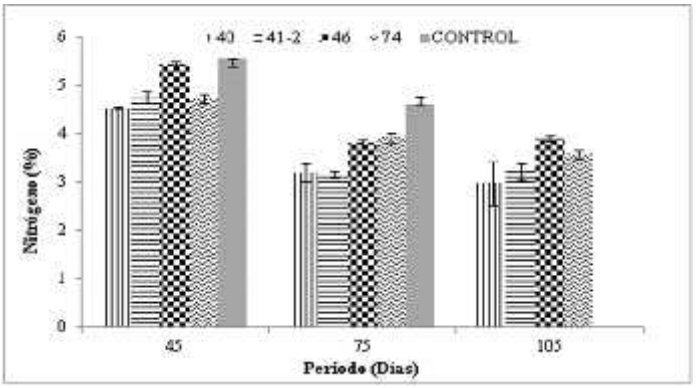


Figura 2. Contenido de nitrógeno entre los tratamientos

Con respecto al control podemos observar que el contenido de nitrógeno en los tres muestreos se mantuvo en valores similares a los encontrados con los diferentes tratamientos, incluso en el segundo muestreo. Fue el control que registró el mayor contenido de nitrógeno. En el tercer muestreo, los valores fueron muy bajos que el equipo no lo registró.

Los resultados obtenidos muestran el potencial de las cepas nativas con actividad promotora de crecimiento sobre el desarrollo de plántulas de *L. leucocephala*, esto representa un doble beneficio, pues para un establecimiento exitoso de *Leucaena*, nodula mejor con cepas auto aisladas (Rincón *et al*., 2004). Sin embargo, es necesario estudiar más sobre los mecanismos involucrados para obtener un efecto positivo de las PGPB sobre el desarrollo de las plantas.

Conclusiones

La mayor producción de AIA, se observó en los aislados 74 y 72. La formación de nódulos en las plantas, como producto de la inoculación de los aislados nativos probados, presenta una relación positiva con respecto a la nodulación y la producción de biomasa en las mismas. La cepa 74 es la que presento una mayor producción de nódulos, así como los promedios más altos en cuanto la producción de biomasa.

Referencias

CIAT. 1988. Legume-rhizobium symbiosis: Methods manual for evaluation, seleccion and Agronomic Management.

Ghosh, P. K., Saha, P., Mayilraj, S., Maiti, T. K. 2013. Role of IAA metabolizing enzymes on production of IAA in root, nodule of Cajanus cajan and its PGP Rhizobium sp. Biocatal. Agric. Biotechnol. 2:234-239.

Ghosh, S., Basu, P. S. 2002. Growth behaviour and bioproduction of indole acetic acid by a Rhizobium sp. isolated from root nodules of a leguminous tree Dalbergia lanceolaria. Indian J. Exp. Biol. 40: 796-801

Giller, K. E. 2001 Nitrogen Fixation in Tropical Cropping Systems, 2nd/Ed. CAB International, Wallingford

Gordon, S. A. y Weber, R. P. 1950. Colorimetric estimation of indoleacetic acid. Plant Physiol. 26: 192-195.

Masciarelli, O., Llanes, A., Luna, V. 2014. A new PGPR co-inoculated with Bradyrhizobium japonicum enhances soybean nodulation, Microbiol. Res. (169): 609-615

Oufdou, K., Bechtaoui, N., El Alaoui, A., Benidire, L., Daoui, K., Göttfert, M. 2016. Symbiotic Rhizobacteria for Improving of the Agronomic Effectiveness of Phosphate Fertilizers, Procedia Engineering.138:325-331.

Palm C., A., Gachengo, C., N., Delve R. J., Cadisch G. and Giller K. E. 2001. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. Agriculture, Ecosystems & Environment, Vol. 83 (1-2): 27-42

Pereyra, G., Hartmann, H., Michalzik, B., Ziegler, W. y Trumbore, S. 2015. Influence of Rhizobia inoculation on biomass gain and tissue nitrogen content of Leucaena leucocephala Seedlings under Drought. Forests. 6: 3686-3703.

Rincón, J., Gallardo, Y., Leal. M. y Rojas, Y. 2004. Efectos de diferentes relaciones de calcio y fósforo en el suelo sobre la nodulación de Acacia mangium (Willd) y Leucaena leucocephala (Lam) de Wit., en condiciones de vivero. Zoot. Trop. 22: 167-2004.

Sanginga, N. 1985 Nodulation of leucaena leucocephala and its contribution to nitrogen status of soil. University of Zangamby. PhD thesis.

Spaepen, S. Vanderleyden, J. Remans, R. 2007. Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling. FEMS Microbiol. Rev. 31: 425–448.

Urzua H. 2005. Beneficios de la fijación simbiótica de nitrógeno en Chile. Cien. Inv. Agr. 32 (2):133-150

Veasey, E., Ghisi, O., Valarini, M., Otsuk, I., Cardelli, M., Sanchez, M. y Beisman, D. 1997.Early growth and native nodulation of leguminous shrub and tree species in Brazil. Tropical Grasslands. 31:40-48.

DISTRIBUCIÓN DE FRACCIÓN LÁBIL DE MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO EN MILPA INTERCALADA EN ÁRBOLES FRUTALES

Uribe-Gómez, S.*; Zetina-Lezama, R.; Zambada-Martínez, A.; Hernández-Estrada, C.A.

INIFAP-Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, Veracruz. México.

*Autor responsable: uribe.sergio@inifap.gob.mx; Km 34.5 Carretera Federal Veracruz-Córdoba, Mpio. Medellín de Bravo, Veracruz. México. CP 94270; Tel. 01800 088 2222 ext. 87234

Resumen
El incremento de temperatura originado por la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera disminuirá la productividad de muchos cultivos, por lo que es importante diseñar sistemas de producción para favorecer el secuestro de carbono. El objetivo de este estudio fue evaluar dos fracciones lábiles de la materia orgánica del suelo en el sistema milpa intercalada en árboles frutales (MIAF). Se tomaron muestras compuestas de suelo a tres profundidades en las secciones donante, media y receptora de tres terrazas en la parte alta, media y baja de la ladera en el módulo ubicado en la comunidad de Axochío del municipio de San Andrés Tuxtla, Veracruz, establecido en 2003. Se extrajeron la fracción ligera (LF) y Particulate Organic Matter (POM) con una solución de sodium polytungstate (PT) a una densidad de 1.6 y 2.0 g cm^{-3}, respectivamente. Los valores más altos de LF se registraron en la sección receptora de la terraza y en la parte superficial del suelo (0.564-0.203 g/20 g de suelo), donde se acumularon los residuos del cultivo y de la poda de frutales, para formar el filtro de sedimentos. Los valores más bajos se presentaron en la sección donante y media, debido a un menor aporte de residuos y a la remoción continua del suelo. Se concluye que el sistema MIAF contribuye al secuestro de carbono, favoreciendo la acumulación de las fracciones LF y POM principalmente en los primeros 5 cm de profundidad del suelo, y en la sección receptora de las terrazas en formación.

Palabras clave
Fracción ligera; Particulate organic matter; secuestro de carbono.

Introducción
El estilo de vida moderno demanda de cantidades grades de energía, obtenida principalmente a partir de combustibles fósiles, provocando un drástico incremento en la concentración de dióxido de carbono y de otros gases de efecto invernadero que han originado un incremento en la temperatura de 0.6 ºC en el último siglo (IPCC, 2001). Este cambio climático tendrá impactos negativos en la producción agrícola de algunos países. Algunas proyecciones para México indican que la producción de maíz de temporal podría disminuir en 17% en 2050 (Rosegrant, 2010), poniendo en riesgo la seguridad alimentaria.

La conversión de los sistemas naturales al cultivo y las prácticas de manejo convencionales originaron pérdidas de 25 a 75% del carbono orgánico del suelo (SOC), de tal manera que en la actualidad la mayor parte de los suelos agrícolas tienen un contenido de SOC menor que su potencial, determinado por las condiciones climáticas y las características específicas del perfil del suelo (Lal, 2004). Esta diferencia entre el potencial y el contenido actual de SOC de los suelos, es lo que hace posible el

secuestro de carbono, que implica la remoción del dióxido de carbono atmosférico por las plantas y el almacenamiento del carbono fijado como materia orgánica del suelo.

El potencial de secuestro de carbono es finito en magnitud y duración. Se estima que, con prácticas intensivas de producción, con una agricultura de conservación y prácticas de recuperación, los suelos pueden secuestrar 60 a 70% del carbono histórico perdido. El proceso de secuestro de carbono es lento, con incrementos bajos en la fase inicial, con máximos entre los 10 y 30 años, hasta alcanzar un nuevo equilibrio, donde las ganancias y las pérdidas son iguales, medio siglo después de la adopción de las prácticas de manejo y uso del suelo que favorezcan el proceso (Lal, 2004; Lal, 2006).

A pesar de su capacidad finita, durante la primera mitad del siglo XXI, el secuestro del SOC es la estrategia más efectiva por su costo para mitigar el enriquecimiento del dióxido de carbono atmosférico (Lal, 2004). No obstante, el potencial real del secuestro de carbono en el suelo es incierto, debido a la ausencia de datos y al insuficiente entendimiento de la dinámica del carbono orgánico del suelo a todos los niveles, incluyendo el molecular, el del paisaje, el regional y el global (FAO, 2008).

El objetivo de este estudio fue evaluar la materia orgánica lábil del suelo en el sistema milpa intercalada en árboles frutales en un módulo de 12 años de establecido el sistema.

Materiales y Métodos

El sistema milpa intercalada en árboles frutales (MIAF) consiste en el cultivo compuesto de maíz y frijol en rotación anual, con una distribución especial de seis surcos de 0.8 m de ancho dedicados al maíz, seis surcos dedicados al frijol o cualquier cultivo de porte bajo de interés para el productor, y seis surcos dedicados a un frutal (Francisco *et al*., 2010). El modulo donde se realizó el estudio está ubicado en la comunidad de Axochío, Municipio de San Andrés Tuxtla, Veracruz. Se estableció en 2003 con hileras al contorno de chicozapote (*Manilkara zapota*). Se cultiva maíz en los ciclos de primavera – verano y otoño - invierno y la labranza se realiza con una rastra de tracción mecánica. En agosto del 2015, doce años después del establecimiento del sistema, se tomaron muestras compuestas de suelo, constituidas por diez submuestras a las profundidades de 0 a 5, 5 a 15 y 15 a 30 cm, en las secciones donante, media y receptora de tres terrazas de formación sucesiva, ubicadas en las posiciones alta, media y baja de la ladera. La sección donante se encuentra aproximadamente dos metros aguas abajo de la hilera de frutales, donde inicia el área de cultivo, la media en el centro de la franja con cultivo y la receptora, aproximadamente un metro aguas arriba de la hilera de frutales, donde se encuentra un filtro de sedimentos, formado con rastrojo de maíz y residuos de poda de los frutales. Como testigo se utilizó un terreno sin frutales, que se cultiva con maíz dos veces al año, se queman los residuos y se remueve el suelo con un paso de rastra mecánica.

La fracción ligera (LF) se extrajo del suelo por flotación en una solución de sodium polytungstate (PT) con una densidad de 1.6 g cm^{-3}. Se colocaron 10 g de suelo y 50 mL de solución de PT (1.6 g cm^{-3}) en botellas de centrifugación de 80 mL, con dos repeticiones de laboratorio.

Las botellas se agitaron durante 10 min en un agitador recíproco a 250 rpm. Enseguida, las soluciones se transfirieron a vasos de precipitado de 100 mL y puestas en reposo durante la noche. Después, la LF se removió por succión al vacío y se colectó en un filtro GFA. Enseguida se transfirió con solución PT a vasos de precipitado de 50 mL. Los lados de ambos vasos se enjuagaron con PT y la solución se dejó en reposo durante 3 horas. Posteriormente, el material sobrenadante en ambos vasos se removió por succión al vacío y se colectó en un filtro GFA, posteriormente se transfirió con agua a recipientes para su secado durante la noche en una estufa de aire forzado a 58 ^{o}C. Posteriormente, la

fracción ligera se pesó en una balanza granataria marca Ohaus Adventurer $_{TM}$ con una sensibilidad de 0.0001 g.

Se utilizó el procedimiento de Gale *et al*. (2000) para remover el PT del suelo antes de la extracción de la fracción Particulate Organic Matter (POM). Para la determinación de la fracción POM, se siguió la metodología de Cambardella and Elliott (1994). Las muestras de suelo se dispersaron agregando 40 mL de metafosfato de sodio (5 g L^{-1}), y agitándolas durante 16 h en un agitador reciproco a 250 rpm. Enseguida el contenido de las botellas se vertió en mallas de 500 y 53 micras, la arcilla y el material limoso de las dos repeticiones de laboratorio se colectaron en recipientes de cristal resistentes al calor. Cada fracción de POM se transfirió con lavados de agua a un recipiente para su secado en estufa de aire forzado a 58 ^{0}C.

Las dos fracciones de POM: 500 y 53 micras, se colocaron en vasos de precipitado con 30 mL de solución de sodium polytungstate (PT) a una densidad de 2.0 g cm^{-3}. Se agitaron y se dejaron en reposo durante seis horas. Enseguida se colectó el material sobrenadante con una bomba de vacío en un filtro de nylon de 20 micras, y se transfirió con agua desionizada a tubos de centrifugación de plástico, los cuales se colocaron en el refrigerador. Los vasos de precipitado con las muestras se agitaron y se dejaron en reposo durante la noche, antes de extraer nuevamente el material sobrenadante y transferirlo con agua a los tubos de centrifugación usados con anterioridad. Las muestras se agitaron y se dejaron en reposo durante 6 horas, antes de transferir, por tercera ocasión, el material sobrenadante a los tubos de centrifugación usados previamente. Las fracciones colectadas en los tubos de centrifugación se lavaron por tres ocasiones, llenando los tubos con agua a tres cuartas partes de su capacidad, agitándolos durante 10 minutos y colectando el material sobrenadante en un filtro de nylon de 20 micras. Posteriormente las fracciones de POM se transfirieron con agua desionizada a recipientes para su secado durante la noche en una estufa de aire forzado a 60ºC y finalmente se pesaron en una báscula granataria.

Resultados y Discusión

Se observaron tendencias en la distribución de la materia orgánica lábil del suelo en el módulo de milpa intercalada en árboles frutales. Los valores más altos de LF (Cuadro 1) se registraron en la sección receptora de la terraza (0.564-0.203 g/20 g de suelo), donde se acumularon los residuos del cultivo y de la poda de los frutales, para formar el filtro de sedimentos. Los valores más bajos se presentaron en la sección donante (0.011-0.064 g/20 g de suelo), debido a un menor aporte de residuos y a la remoción continua del suelo.

A diferencia del sistema tradicional, donde los residuos se quemaron, el sistema MIAF retuvo los residuos y los concentró en la sección receptora; mientras que en el área restante (secciones donante y media) los residuos son removidos.

La distribución de LF y POM varió también con la profundidad del suelo. La mayor cantidad de la fracción ligera se presentó en la profundidad de 0 a 5 cm, debido a que no se removió el suelo en la sección receptora, y en las secciones media y receptora la inversión del suelo fue mínima.

Una tendencia similar se observó en la fracción POM (Cuadro 2), las cantidades mayores de esta fracción de la materia orgánica se registró en la sección receptora y en la parte superficial del suelo (0.362-2.233 g/20 g de suelo) en cada una de las terrazas evaluadas y su acumulación alcanzó mayor profundidad que la fracción LF con valores hasta de 1.224 g a una profundidad de 15 a 30 cm en la sección receptora de la terraza ubicada en la parte media de la ladera.

Cuadro 1. Masa (g) de LF[1] extraída en diferentes posiciones de la ladera, diferentes secciones dentro de cada terraza y diferentes profundidades en el sistema milpa intercalada con árboles frutales. Sitio Axochío

Profundidad (cm)	Alta			Media			Baja		
	Donante	Media	Receptora	Donante	Media	Receptora	Donante	Media	Receptora
0-5	0.028	0.084	0.203	0.064	0.374	0.564	0.011	0.114	0.249
5-15	0.256	0.028	0.127	0.043	0.049	0.258	0.001	0.026	0.043
15-30	0.014	0.013	0.036	0.087	0.050	0.190	0.007	0.007	0.024

[1] LF= Fracción ligera

Cuadro 2. Masa (g) de POM[1] (500-53 µm**)** extraída en diferentes posiciones de la ladera, diferentes secciones dentro de cada terraza y diferentes profundidades en el sistema milpa intercalada con árboles frutales. Sitio Axochío

Profundidad (cm)	Alta			Media			Baja		
	Donante	Media	Receptora	Donante	Media	Receptora	Donante	Media	Receptora
0-5	0.100	0.028	2.233	0.199	0.157	1.103	0.215	0.113	0.362
5-15	0.108	0.172	1.081	0.007	0.316	2.184	0.033	0.218	0.118
15-30	0.019	0.073	0.200	0.297	0.248	1.224	0.304	0.198	0.022

[1] POM= Particulate organic matter.

Los valores de LF y POM correspondientes al terreno testigo (Cuadro 3) no presentaron una tendencia definida y las cantidades extraídas fueron menores, 0.001-0.025 g de LF y 0.008-0.025 g de POM a una profundidad de 0 a 5 cm, que las registradas en el MIAF, de donde se infiere que el manejo tradicional de las laderas no favoreció la acumulación de la materia orgánica lábil del suelo.

Cuadro 3. Masa (g) de LF[1] y POM [2] (500-53 µm) extraídas en diferentes posiciones de la ladera y diferentes profundidades en terreno testigo. Sitio Axochío.

Profundidad (cm)	LF			POM		
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
0-5	0.001	0.025	0.003	0.025	0.008	0.011
5-15	0.073	0.000	0.058	0.710	0.036	0.043
15-30	0.013	0.119	0.005	0.009	0.039	0.031

[1] LF= Fracción ligera; [2] POM= Particulate organic matter.

La concentración de los residuos en el MIAF originó un incremento en las fracciones LF y POM en la sección receptora, y simultáneamente, una disminución en las secciones donante y media, donde el aporte de residuos fue mínimo y la labranza rompió los agregados, exponiendo estas fracciones a la acción de los microorganismos. Esta distribución de la fracción lábil de la materia orgánica en el sistema MIAF la provocó el aporte de carbono a través de la acumulación de los residuos y su tasa de descomposición, según el modelo propuesto por Six *et al*., (2002) sobre los mecanismos de estabilización de la materia orgánica en el suelo.

Conclusiones

El sistema milpa intercalada en árboles frutales (MIAF) contribuye al secuestro de carbono, favoreciendo la acumulación de las fracciones LF y POM, principalmente en los primeros 5 cm de profundidad del suelo, y en la sección receptora de las terrazas en formación.

Referencias

Cambardella, C.A., and E.T. Elliott. 1994. Carbon and nitrogen dynamics of soil organic matter fractions from cultivated grassland soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 58:123-130.

FAO. 2008. Climate change and food security: A framework document. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 93p.

Francisco N.N., A. Zambada M., A. Turrent F., J.I. Cortés F y E.N. Becerra L. 2010. El sistema milpa intercalada en árboles frutales: innovación para el pequeño productor de laderas. Folleto técnico para productores Núm. 15. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Cotaxtla. México. 40p.

Gale, W.J., C.A. Cambardella, and T.B. Bailey. 2000. Surface residue and root-derived carbon in stable and unstable aggregates. Soil Sci. Soc. Am. J. 64:196-201.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2001. Climate change: The scientific basis. Cambridge Univ.Press. Cambridge, UK.

Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. Geoderma 123:1-22.

Lal, R. 2006. Soil carbon sequestration in Latin America. *In*: Lal, R., C.C. Cerri, M. Bernoux, J. Etchevers, and E. Cerri (Eds.) Carbon sequestration in soils of Latin America. Haworth Press, Inc. USA. pp. 49-64.

Rosegrant, M.W. 2010. The agri-food sector facing climate change: Future sustainability. Foro Global Alimentario. Mercados, Sustentabilidad y Futuro: oportunidades en el agro. Mexico, 2 y 3 de septiembre

Six, J., R.T. Conant, E. A. Paul, and K. Paustian. 2002. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. Plant and Soil 241:155-176.

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C.
XLI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo
"Cultivando el Porvenir de México"
| Poliforum León | León Guanajuato, México | 09 - 13 de Octubre, 2016 |

CORRELACIONES ENTRE PESO PROMEDIO DE FRUTOS Y CARGA POR CLADODIO Y MICRO-NUTRIMENTOS EN *Opuntia ficus-indica* (L.) MILLER VARIEDAD 'ROJO PELÓN'

Valdez-Cepeda, R.D.[1,2*], Blanco-Macías, F.[1], Márquez-Madrid, M.[1], Magallanes-Quintanar, R.[3], Méndez-Gallegos, S. de J.[4], Loredo-Osti, C.[5]

[1]Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro Norte. Zacatecas, Zac., México.
[2]Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Matemáticas. Zacatecas, Zac., México.
[3]Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica. Zacatecas, Zac., México.
[4]Colegio de Posgraduados, Campus San Luis Potosí. Salinas de Hidalgo, SLP, México.
[5]Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, SLP, México.

*Autor responsable: vacrida@hotmail.com; Calle Cruz del Sur Núm. 100, Col. Constelación, El Orito, Zacatecas, Zac., México. CP 98085; Tel. +52(492)-9246147

Resumen
Opuntia ficus–indica (L.) Miller es usada en al menos 18 países para producir fruto. Debido a que crece en un rango amplio de condiciones ambientales y de manejo, la producción de fruto varía mucho entre países, sistemas de producción, plantas y cladodios de fructificación. Sin embargo, la información sobre las relaciones entre rendimiento (producción de frutos) y factores ambientales es escasa. Por lo tanto, el objetivo fue identificar las relaciones entre peso promedio de frutos, peso de frutos por cladodio (carga) y concentración de los micro-nutrimentos (Cu, Fe, Mn, Zn y B) en el caso de *O. ficus-indica* (L.) Miller variedad 'Rojo Pelón' al considerar información de tres años (2012-2014; cladodios n=168; frutos n=1266) y coeficientes de correlación de Pearson (r) a P<0.001. Los resultados sugieren que PPF y Carga se inter-correlacionan positiva y significativamente. Ambas variables se correlacionan de manera positiva con Cu, Mn y Zn, pero de forma negativa con Fe; además, Carga es afectada de manera significativa por B. Entonces, Fe y B pueden estar limitando la producción de frutos en los rangos 54-206 ppm y 10-76 ppm, respectivamente.

Palabras clave
Opuntia; Micronutrimentos; Cu; Mn; Zn; Fe; B

Introducción
La especie *Opuntia ficus–indica* (L.) Miller es usada en al menos 18 países para producir fruto. Esta especie crece en un rango amplio de condiciones ambientales, lo cual implica una gran variabilidad de rendimiento de fruto y maduración (Inglese *et al*., 2002), entre otros aspectos. Asimismo, la productividad es extremadamente variable de país a país (Inglese *et al*., 2002).

La productividad también varía a nivel de planta entre cladodios de fructificación. Una poda inadecuada, edad de la planta e interacciones entre los frutos en desarrollo y los brotes vegetativos o florales *versus* el crecimiento productivo pueden contribuir para que esa variación ocurra. Es también sabido que la nutrición mineral suplementada puede mejorar el rendimiento y tamaño de los frutos en algunos genotipos de *Opuntia* (e.g. *Opuntia albicarpa* Scheinvar variedad 'Cristalina', Zegbe *et al*., 2014). En este contexto, Galizzi et al. (2004) consignaron que algunos micro-nutrimentos (i.e. Cu, Fe, Mn y Zn) pueden limitar varios procesos fisiológicos en *O. ficus-indica*. Una correlación significativa entre la concentración de Mn en los cladodios y el rendimiento fue evidenciada por

Galizzi *et al*. (2004). Ello implica que concentraciones grandes de Mn en los cladodios de *O. ficus-indica* pueden representar cierto nivel de toxicidad que inhibe el rendimiento. Entonces, las influencias de los nutrimentos sobre esta especie pueden ser evaluadas en un contexto agronómico (Nobel *et al*., 1987). Así, los aspectos nutrimentales de *O. ficus–indica* pueden ser importantes en la Región Centro Norte de México, especialmente en el caso de la variedad 'Rojo Pelón' dado que se está convirtiendo en un cultivo importante por su tolerancia a temperaturas de congelación (Valdez–Cepeda *et al*., 2001) del agua en sus tejidos. De hecho, las relaciones entre micro-nutrimentos y rendimiento no han sido exploradas al involucrar este genotipo.

Por lo tanto, el objetivo fue identificar las relaciones entre peso promedio de frutos (PPF), peso de frutos por cladodio (Carga) y concentración de los micro-nutrimentos (Cu, Fe, Mn, Zn y B) en el caso de *O. ficus-indica* (L.) Miller variedad 'Rojo Pelón' al considerar información de tres años (2012-2014).

Materiales y Métodos

Parcela experimental

Una huerta se estableció durante junio de 2006 en el Campo Experimental del 'Centro Regional Universitario Centro Norte' de la 'Universidad Autónoma Chapingo' a 22° 44' 49.6'' Latitud Norte, 102° 46' 28.2'' Longitud Oeste, y 2,296 msnm, localizada cerca de la Ciudad de Zacatecas, México. El clima de la región es BS1kw(w) y corresponde al menos seco de los del tipo estepario seco, con temperatura media anual de entre 12 y 18 °C, así como con una lluvia media anual de 472 mm; la mayor parte de la lluvia (65 %) ocurre de Junio a Agosto (Blanco-Macías *et al*., 2010).
La huerta se estableció con el propósito de propagar *O. ficus–indica* variedad 'Rojo Pelón'. Para ello, 20 árboles fueron considerados. La densidad fue de 525 plantas por hectárea. Después del establecimiento de los cladodios madre, solo las malezas fueron eliminadas cada año durante primavera y verano con el mínimo posible de labores culturales. Las prácticas fertilización, irrigación y podas, entre otras, no se realizaron.

Datos

Todos los cladodios considerados tenían un año de edad y fueron seleccionados de la parte superior de la copa de los árboles y solo presentaron brotes florales. El proceso de selección consistió en que tuvieran de 1 a 15 frutos con el propósito de involucrar cuatro cladodios que tuvieran cada uno de esos números de fruto. Un cuidado especial se consideró para tener, en cada caso de número de frutos, un cladodio de cada parte de la planta con respecto a su posición (norte, sur, este y oeste). Así, la muestra de cladodios (n) fue 168 (60, 52 y 56 en 2012, 2013 y 2014, respectivamente); mientras que la muestra de frutos (n) fue 1266 (480, 365 y 421 en 2012, 2013 y 2014, respectivamente). Todos los frutos fueron cosechados y pesados. Después, los cladodios se limpiaron con agua destilada, secados y pesados. Luego, los cladodios se cortaron y deshidrataron en estufa a 65 ºC hasta peso constante. Las muestras deshidratadas fueron molidas y enviadas al Laboratorio de Servicio del Centro Nacional de Investigaciones en Relaciones Agua-Suelo-Planta-Atmósfera del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, el cual se localiza en Gómez Palacio, Durango, México para su análisis. La determinación de los micro-elementos Cu, Fe, Mn, Zn y B por espectrofotometría.

Análisis estadísticos

Los datos de PPF, Carga y concentración de los micro-nutrimentos (Cu, Fe, Mn, Zn y B) se capturaron en Excel para calcular sus estimadores estadísticos básicos, así como los coeficientes de correlación

de Pearson (r) al considerar pares de variables.

Resultados y Discusión

Una variación considerable caracteriza a la mayoría de las variables (Cuadro 1). Carga, Cu, Fe, Mn y Cu tienen una variabilidad grande (CV>25%); mientras que PPF y Zn presentan una variabilidad moderada (CV entre 15 y 25%). Estas condiciones facilitan, entonces, el análisis estadístico de la base de datos para lograr el objetivo planteado.

Cuadro 1. Estimadores estadísticos básicos de peso promedio de fruto (PPF), carga por cladodio y concentraciones de micro-nutrimentos en cladodios de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller variedad 'Rojo Pelón), correspondientes a material (cladodios n=168; frutos n=1,266) colectado durante tres años (2012-2014).

Variable	Media	Error Estándar	Desviación Estándar	Coeficiente Variación	Mínimo	Máximo
PPF (g)	100.57	1.74	22.54	22.41	52.50	170.00
Carga (Kg)	0.75	0.03	0.43	57.48	0.07	1.92
Cu (ppm)	14.21	0.60	7.77	54.71	5.00	38.00
Fe (ppm)	102.48	2.49	32.24	31.46	54.00	206.00
Mn (ppm)	149.47	3.12	40.33	26.98	76.00	290.00
Zn (ppm)	376.18	4.81	62.11	16.51	244.00	606.00
B (ppm)	39.99	1.09	14.09	35.23	10.00	76.00

La matriz de correlaciones provee un panorama general de las correlaciones bi-variadas significativas evidenciadas (Cuadro 2). PPF y Carga se inter-correlacionan positiva y significativamente. Ambas variables se correlacionan positivamente con Cu, Mn y Zn, pero de forma negativa con Fe. Estos resultados implican que PPF y Carga pueden aumentar conforme las concentraciones de Cu, Mn y Zn sean mayores en los cladodios; por el contrario, PPF y carga son variables que pueden ser afectadas conforme la concentración de Fe se incrementa en los cladodios. Además, Carga se correlaciona de manera negativa significativa con B, en otras palabras, Carga puede ser afectada cuando la concentración de B aumente en los cladodios. Entonces, Fe y B pueden estar limitando la producción de frutos en los rangos 54-206 ppm y 10-76 ppm, respectivamente.

Los efectos positivos del Mn en cladodios sobre PPF y Carga discrepan del consignado por Galizzi *et al*. (2004). Esto puede atribuirse a que los genotipos involucrados son diferentes. También, esa discrepancia puede deberse a que los rangos de Mn en los cladodios son diferentes (18 a 176 ppm en el caso de Galizzi et al., 2004 y 76 a 290 ppm en el caso presente).

Por otra parte, también se identificaron correlaciones positivas importantes entre nutrimentos (Cuadro 2). Cu se correlaciona con Mn y Zn, mientras que Mn se interrelaciona con Zn al considerar los rangos 5-38 ppm Cu, 76-290 ppm Mn y 244-606 ppm Zn. Estas tres correlaciones bi-variadas coinciden con las identificadas por Galizzi et al. (2004). Dichas correlaciones entre Cu, Mn y Zn pueden deberse a su efecto limitativo sobre el rendimiento cuando el nitrógeno también es limitante (Galizzi et al., 2004). Es importante resaltar que tal situación es difícil de evidenciar porque la adición de N como fertilizante no induce precisamente aumentos de concentración de esos micro-elementos (Galizzi et al., 2004).

Cuadro 2. Coeficientes de Correlación de Pearson (r) entre peso promedio de fruto (PPF), Carga por cladodio y concentración de micro-nutrimentos en cladodios de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller variedad 'Rojo Pelón, correspondientes a material (cladodios n=168; frutos n=1,266) colectado durante tres años (2012-2014).

		PPF (g)	Carga (Kg)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
Carga (Kg)	r	**0.274**					
	P	0.001					
Cu (ppm)	r	**0.531**	**0.376**				
	P	0.001	0.001				
Fe (ppm)	r	**-0.345**	**-0.341**	-0.029			
	P	0.001	0.001	0.710			
Mn (ppm)	r	**0.224**	**0.183**	**0.530**	0.027		
	P	0.004	0.018	0.001	0.732		
Zn (ppm)	r	**0.211**	**0.024**	**0.211**	-0.123	**0.247**	
	P	0.006	0.763	0.006	0.113	0.001	
B (ppm)	r	0.056	**-0.313**	0.044	0.099	0.038	-0.026
	P	0.470	0.001	0.569	0.205	0.625	0.740

Conclusiones

PPF y Carga se correlacionan positivamente con Cu, Mn y Zn, pero de forma negativa con Fe. Carga se correlaciona de manera negativa significativa con B. Las correlaciones positivas importantes entre nutrimentos fueron Cu con Mn y Zn, así como Mn con Zn. En trabajos futuros se debe involucrar a las proporciones de nutrimentos y su influencia sobre PPF y Carga.

Agradecimientos

Al Instituto de Horticultura y la Dirección de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo por el financiamiento del proyecto del que se derivó esta contribución.

Referencias

Blanco-Macías, F., R. Magallanes-Quintanar, R.D. Valdez-Cepeda, R. Vázquez-Alvarado, E. Olivares-Sáenz, E. Gutiérrez-Ornelas, J.A. Vidales-Contreras, and B. Murillo-Amador. 2010. Nutritional reference values for *Opuntia ficus-indica* determined by means of the boundary-line approach. J. Plant Nutr. Soil Sci. 173(6): 927-934.

Galizzi, F.A., P. Felker, C. González, D. Gardiner. 2004. Correlations between soil and cladode nutrient concentrations and fruit yield and quality in cactus pears, *Opuntia ficus-indica* in a traditional farm in Argentina. J. Arid Environ. 59: 115-132.

Inglese, P., Basile, F., Schirra, M. 2002. Cactus Pear Fruit Production. In: P. S. Nobel (Ed.) Cacti: Biology and Uses. University of California Press. Berkeley and Los Angeles, California, USA. pp. 163–183.

Valdez–Cepeda R.D., F. Blanco–Macías, C. Gallegos–Vázquez, G. Salinas–García, R.E. Vázquez–Alvarado. 2001. Freezing tolerance of *Opuntia* spp. J. Profess. Assoc. Cactus Develop. 3: 105–115.

Zegbe, J.A., A. Serna-Pérez, J. Mena-Covarrubias. 2014. Mineral nutrition enhances yield and affects fruit quality of 'Cristalina' cactus pear. Sci. Hort. 167: 63-70.

EFECTO DEL ACIDO SALICILICO EN LA CALIDAD NUTRICIONAL Y NUTRACEUTICA EN FRUTOS DE TOMATE BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

Vázquez-Díaz, D.A.[1*]; Preciado-Rangel, P.[1]*; Salas-Pérez, L.[2]*; Fortis-Hernández, M.[3]; Alvarez-Reyna, V.D.P.[1]

[1]Posgrado en Ciencias Agrarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila. México.
[2]Universidad Politécnica de Gómez Palacio. Gómez Palacio, Durango. México.
[3]Instituto Tecnológico de Torreón, Coahuila. México
*Autor responsable: ppreciador@yahoo.com.mx., Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Periférico Raúl López Sánchez S/N y Carrerea a Santa Fe., Torreón Coahuila Gómez Palacio, Durango.

Resumen

El ácido salicílico es un fenol de la planta, que contribuye a la regulación de procesos fisiológicos y genera un estrés físico y bioquímico en el metabolismo. Con el objetivo de identificar si la aplicación al medio de cultivo de AS mas solución nutritiva orgánica estimula el incremento en parámetros de calidad (acidez titulable y solidos solubles totales) y calidad nutraceútica (contenido fenólico total, flavonoides y antioxidantes), se trabajó el cultivo de tomate bajo condiciones invernadero, mismas que fueron regadas al medio de cultivo con dosis AS 0.025, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4 mM en mezcla con la solución nutritiva. Los resultaron mostraron que las aplicaciones de AS con dosis 0.2 y 0.4 nM propician un incremento en el contenido de compuestos fotoquímicos. Las aplicaciones de AS, en mezcla con solución nutritiva aplicado en el medio de cultivo, en el cultivo de tomate es una alternativa viable para incrementar el contenido de calidad nutraceútica en frutos de tomate.

Palabras clave

Ácido salicílico, tomate, compuestos fitoquímicos.

Introducción

En la actualidad se ha propuesto el uso de moléculas de señalización como el ácido salicílico con el propósito de incrementar los rendimientos y una mejora en la calidad de los frutos (Herrera-Martínez *et al*., 2013). Estudios han demostrado que los componentes de calidad nutricional del tomate son azúcares, acidez, componentes fenólicos, pigmentos y vitaminas también conocidos como componentes nutracéuticos, de tal manera que el tomate se ha identificado como un alimento funcional y nutraceútico que genera beneficios a la salud (Adalid *et al*., 2010).

Hoy en día los comensales se preocupan por los componentes bioactivos o nutracéuticos que están presentes en los alimentos, debido a que estos propician una ayuda o previenen las enfermedades crónicas y degenerativas. Así como también, si generan efectos positivos para promover y/o restaurar las funciones fisiológicas del organismo humano (Méndez *et al*., 2014). Ya que estas son las principales causas de muertes (Gómez et al., 2010). De tal manera que las aplicaciones de elicitores como el AS en el cultivo de tomate estimulan considerablemente los compuestos fotoquímicos (Guzmán-Téllez *et al*., 2015). El objetivo del presente estudio, fue evaluar el efecto del AS sobre la calidad nutraceútica.

Materiales y métodos

El estudio se estableció en un invernadero del Instituto Tecnológico de Torreón. Se utilizaron plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*) cv. Aquila (BHN Seed)®, las cuales fueron trasplantadas en bolsas de polietileno negro calibre 500 de tipo vivero de 20 kg de capacidad. Las macetas fueron acomodadas en doble hilera, con un arreglo en tresbolillo y con una separación entre hileras de 1.6 m, para obtener una densidad de 4.2 plantas m^2. Un diseño completamente al azar con seis tratamientos (0.025 mM, 0.05 mM, 0.1mM, 0.2 mM, 0.4 mM de AS más un testigo (sin la aplicación de AS), fue utilizado. Las dosis del AS fueron aplicadas en la solución nutritiva cada 15 días a partir del trasplante y hasta la madurez fisiológica de la planta. Cada tratamiento fue replicado seis veces. Las variables evaluadas fueron: contenido fenólico total, flavoniodes, capacidad antioxidante, solidos solubles totales. El contenido de sólidos solubles totales (°Brix) se determinó por medio de un refractómetro ATAGO (Master 2311). El contenido de compuestos fenólicos totales se midió de acuerdo al método de Folin-Ciocalteu (Singleton et al., 1999), los flavonoides totales se cuantificaron de acuerdo a la metodología descrita por Lamaison y Carnet (1990) y la capacidad antioxidante se midió de acuerdo al método in vitro DPPH+ (Brand-Williams et al., 1995). Los resultados obtenidos fueron analizados mediante análisis de varianza con el programa estadístico SAS (SAS Inst., 1999) y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Resultados y discusión

Solidos solubles totales.

Los incrementos de las dosis de AS provocaron un aumento significativo en la acumulación de los sólidos solubles totales en frutos (Cuadro1), resultados similares son reportados por Mirdehghan y Ghotbi (2014), quienes reportaron que los tratamientos tratados con AS incrementan los SST en frutos. Este incremento en los sólidos solubles totales en los frutos puede ser atribuido a que el AS, incrementa la actividad fotosintética (Chávez et al., 2011) y por ende una mayor disponibilidad de y translocación de fotoasimilados al fruto, por lo que incrementa los sólidos solubles totales (Ahmad *et al*., 2013).

Cuadro 1. Valores promedio de solidos solubles totales (SST), contenido de compuestos fenólicos totales (CFT), flavonoides totales (FT) y capacidad antioxidante total (CAT) en frutos de tomate, bajo diferentes dosis (nM) de ácido salicílico.

Acido salicílico	SST	CFT	FT	CAT
mM	º Brix	mg AGE/100 gr PF	mg QE/100 gr PF	Meqiv TROLOX/100 gr PF
SN	4.0 c	63.10d	22.85d	44.32d
0.025	4.2 c	79.90c	35.29cd	144.32c
0.05	4.9 b	81.30bc	53.62cb	193.74b
0.1	5.3ab	85.72bc	61.59ab	202.22b
0.2	5.5a	88.48ab	71.31ab	246.95a
0.4	5.7a	92.16a	82.31a	263.62a

*Valores con letras iguales en cada columna, son iguales de acuerdo con la prueba *Tukey (P≤0.05).*

Compuestos fenólicos y flavoniodes

Las diferentes dosis de AS mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el contenido fenólico y flavonoides totales (Cuadro 1). Los valores estuvieron en un rango de 63.10 a 92.16 mg de ácido gálico equivalente (AGE)/ 100 g de peso fresco para contenido fenólico total y 22.85 a 82.31 mg de ácido gálico equivalente (AGE)/ 100 g de peso fresco para flavonoides.

Los tratamientos con mayor contenido de fenoles y flavonoides totales fueron presentados por las dosis de 0.2 y 0.4 mM y el menor contenido lo mostró la SN (testigo). Resultados similares fueron obtenidos (El-Shraiy y Hegazi, 2009) al aplicar dosis mayores de 0.075 y 0.1 mM de AS. Las aplicaciones de AS genera un incremento en el contenido de fenoles y flavonoides (Sánchez *et al*., 2013), debido a que el AS genera un estrés físico o bioquímico en la suspensiones celulares y tejidos de la plantas propiciando un incremento en los metabolitos secundarios (Piñeros-Castro *et al*., 2009), de tal manera que se le atribuye que regula la biosíntesis de metabolitos secundarios (Villanueva-Couoh *et al*., 2009), dentro de estos metabolitos secundarios se encuentran los compuestos fenólicos (Ávalos y Urria., 2011) y flavonoides (El-Gaied *et al*., 2013).

Capacidad antioxidante total

El contenido de capacidad antioxidante total en los frutos de tomate mostro diferencias significativas por las diferentes dosis de AS ($P \leq 0.05$). Los valores obtenidos se presentaron en un rango de 43.31 a 263.62 mg de quercetina (QE)/ 100 g de peso fresco (Cuadro 1). El mayor contenido de antioxidantes se presentó con las dosis de 0.2 y 0.4 mM de AS y el menor contenido el testigo presentando una disminución del 83%. Resultados similares son reportados por (Guzman-Tellez *et al*., 2015). Expresó resultados similares con aplicaciones de AS con dosis 10^{-4}M incrementando el contenido de antioxidantes en tomate.

El incremento en antioxidantes totales puede ser atribuido a que las altas concentraciones de AS generan un estrés oxidativo (Larqué-Saavedra *et al*., 2010). Este estrés oxidativo en las células induce al incremento en la síntesis de antioxidantes (Mora-Herrera *et al*., 2011).

Conclusiones

Los resultados mostraron que la aplicación de AS al medio de cultivo en dosis de 0.2 y 0.4 mM Incrementa los contenidos de compuestos fotoquímicos. Las aplicaciones de AS en el cultivo de tomate es una alternativa viable para mejorar la calidad nutritiva e incrementar la calidad nutraceútica.

Referencias

Adalid, A. M., Roselló, S., and Nuez, F. (2010). Evaluation and selection of tomato accessions (Solanum section Lycopersicon) for content of lycopene, β-carotene and ascorbic acid. *Journal of food composition and analysis* **23**, 613-618.

Ávalos García, A., and Pérez-Urria Carril, E. (2011). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología)* **2**.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.-E., and Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology* **28**, 25-30.

El-Gaied, L. F., Abu El-Heba, G. A., and El-Sherif, N. A. (2013). Effect of growth hormones on some antioxidant parameters and gene expression in tomato. *GM crops & food* **4**, 67-73.

El-Shraiy, A. M., and Hegazi, A. M. (2009). Effect of acetylsalicylic acid, indole-3-butyric acid and gibberellic acid on plant growth and yield of pea (Pisum sativum L.). *Aust J Basic Appl Sci* **3**, 3514-3523.

Gómez, R., Monteiro, H., Cossio-Bolaños, M. A., Fama-Cortez, D., and Zanesco, A. (2010). El ejercicio físico y su prescripción en pacientes con enfermedades crónicas degenerativas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica* **27**, 379-386.

Guzman-Tellez, E., Benavides-Mendoza, A., Flores-Olivas, A., Cabrera-De la Fuente, M., and Diaz-Montenegro, D. (2015). Residuality of exogenous salicylic acid and effect on catalase activity and total antioxidant capacity in tomato leaves. *African Journal of Agricultural Research* **10**, 3893-3900.

Herrera-Martínez, S. L., Mora-Herrera, M. E., García-Velasco, R., Gomora-Rasso, J., and Rogel-Millán, G. (2013). Efecto del acido ascorbico sobre el crecimiento,pigmentos fotosinteticos y actividad peroxidasa de plantas de rosal. *Terra Latinoamericana* **31**, 193-199.

Larqué-Saavedra, A., Martín-Mex, R., Nexticapan-Garcéz, Á., Vergara-Yoisura, S., and Gutiérrez-Rendón, M. (2010). Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de plántulas de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.). *Revista Chapingo. Serie horticultura* **16**, 183-187.

Méndez, H. D., Rangel, P. P., Reyna, V. Á., Hernández, M. F., and Hernández, J. L. G. (2014). Producción orgánica y capacidad antioxidante de frutos de pepino. *ITEA, información técnica económica agraria: revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA)*, 335-342.

Mora-Herrera, M. E., Peralta-Velázquez, J., López-Delgado, H. A., García-Velasco, R., and González-Díaz, J. G. (2011). Efecto del ácido ascórbico sobre crecimiento, pigmentos fotosintéticos y actividad peroxidasa en plantas de crisantemo. *Revista Chapingo. Serie horticultura* **17**, 73-81.

Piñeros-Castro, Y., Otálvaro-Álvarez, Á., and Velásquez-Lozano, M. (2009). Efecto de la aplicación de elicitores sobre la producción de 4β-hidroxiwithanólido E, en raíces transformadas de Physalis peruviana L. *Universitas Scientiarum* **14**, 23-28.

Sánchez, G. R., Mercado, E. C., de la Cruz, H. R., and Pineda, E. G. (2013). El acido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas. *Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo* **12**, 90-95.

Singleton, V. L., Orthofer, R., and Lamuela-Raventos, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in enzymology* **299**, 152-178.

Villanueva-Couoh, E., Alcántar-González, G., Sánchez-García, P., Soria-Fregoso, M., and Larque-Saavedra, A. (2009). Efecto del ácido salicílico y dimetilsulfóxido en la floración de [Chrysanthemum morifolium (Ramat) Kitamura] en Yucatán. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* **15**, 25-31.

PRODUCCIÓN DE MELÓN CHINO EN MICROTUNEL CON HULE SIN ALBEDO Y ACOLCHADO PLASTICO EN LA LAGUNA

Vázquez-Vázquez, C.[1*]; Ayala-de la Torre, J.R.[1]; Trejo-Escareño, H.I.[1]; Gallegos-Robles, M.A.[1]; Garay-Peralta, I.[2]; Orona-Castillo, I.[1]; Cervantes-Vázquez, M.G.[1]

[1]Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia. Gómez Palacio, Durango, México.
[2]Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Úrsulo Galván, Veracruz, México.

*Autor responsable: cirvaz60@hotmail.com; Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo km 35, Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango, México. CP 35000; Tel. +52(871)-711-8918

Resumen
La presente investigación se llevó a cabo en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia ubicado en el Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango. La fecha de trasplante se realizó el 29 de enero del 2016, con la finalidad de analizar el comportamiento de temperatura a nivel ambiente en micro túnel con hule sin albedo, y diferentes acolchados en el cultivo de melón chino en la Laguna. Los tratamientos en estudio fueron T1 (Acolchado negro más agrovelo "A"), T2 (Acolchado con hule sin albedo), T3 (Acolchado negro más agrovelo "B"), T4 (Acolchado blanco). El material utilizado como cubierta del micro túnel, para todos los tratamientos, fue plástico transparente sin albedo de 100 µm de espesor. Se utilizó el híbrido Cruisier F1 en un diseño de bloques al azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones. Cada tratamiento estuvo constituido por 1 cama melonera de 1.5 m de ancho por 3 m de largo. Las variables evaluadas fueron: temperatura a nivel ambiente en micro túnel, rendimiento (REND), número de frutos (NF), diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE), °Brix, unidades calor a inicio de cosecha (UCA-COSEC) y las acumuladas durante el ciclo del cultivo (UCA-CICL), para cada tratamiento. Los resultados obtenidos en el análisis de varianza para las variables NF, DP, DE y °Brix no fueron significativos, pero están dentro de los parámetros de calidad según la FAO (2013). En relación a las variables REND, UCA-CICL estadísticamente reportaron resultados significativos.

Palabras clave
Micro túnel; temperatura; melón

Introducción
Durante los últimos setenta y cinco años, el melón mexicano ha mantenido su participación en el mercado internacional por su calidad. Siendo los principales países productores: China, Turquía, Irán, EUA, España, Italia, Egipto y México (Infoaserca, 2014).

En México durante el 2011 se cosecharon 21,168.65 ha con una producción de 564,365.8 toneladas, obteniendo un rendimiento de 26.66 t ha^{-1} (SIAP, 2013). En la Comarca Lagunera, los municipios productores de melón son Matamoros, San Pedro, Torreón, Viesca, Gómez Palacio, Lerdo, Mapimí y Tlahualilo, obteniendo un rendimiento de 32.12 t ha^{-1}(SIAP-SAGARPA, 2013). Hortalizas como el melón, tomate, chile, pepino, calabacita, y la sandía han mostrado incrementos significativos en lo que respecta a precocidad y rendimiento con el uso del micro túnel y acolchado plástico, obteniendo un mejor precio de venta en el mercado. El uso de esta técnica puede duplicar el rendimiento y redituabilidad dependiendo del cultivo y la región.

Materiales y Métodos

El experimento se estableció en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango. El diseño experimental que se utilizó fue el de bloques al azar con 4 tratamientos y tres repeticiones. La comparación de medias se realizó con la prueba de DMS (0.05).

Preparación de suelo

Barbecho a 30 cm; rastreo doble para desmenuzar terrones; se realizó un empareje con el fresno o escrepa. Se tomaron medidas para establecer los tratamientos y se procedió a esparcir el estiércol solarizado a razón de 40 t ha^{-1} para cada tratamiento. Posteriormente se levantaron las camas meloneras y se pasó a realizar el acolchado plástico para los tratamientos en estudio.

Trasplante

Se llevó a cabo el 29 de enero del 2016, en camas meloneras de 1.5 m de ancho y una separación entre plantas de 30 cm para tener una densidad de población de 120 plantas en la unidad experimental.

Instalación de Micro-túnel

Se colocó alambrón en forma de semi-arco con un radio aproximadamente de 40 cm de altura, este se colocó a una distancia de 1m de longitud entre cada arco, la cantidad de arcos por repetición fueron 3.

Registro de temperatura

Se instalaron sensores de temperatura Thermotracker Standard en el estrato superior, con la finalidad de registrar periódicamente el comportamiento de temperatura ante los diferentes tratamientos.

Riegos

Se aplicó un riego de pre-siembra y 11 riegos de auxilios, el 1er. auxilio a los 5 ddt y los demás en intervalos de 7 a 10 días con un tiempo de riego de 6 horas. Se tomó en cuenta las condiciones climatológicas prevalecientes durante el estudio para no excederse en humedad y perjudicar el cultivo.

Resultados y Discusión

Fruto

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza para las variables de NF, DP, DE y °Brix no fueron significativos en los cuatro tratamientos. El diámetro del fruto como indicador de calidad del mismo es determinado por el genotipo ya que en las variables diámetro polar y diámetro ecuatorial, no hubo diferencias significativas. Según la FAO (2013), los grados °Brix para el melón Cantaloupe es de un mínimo de 11°, el cual está dentro de los rangos obtenidos en la investigación con un mínimo de 11.4° y un máximo de 12.1° en el nivel de azúcar (Figura 1).

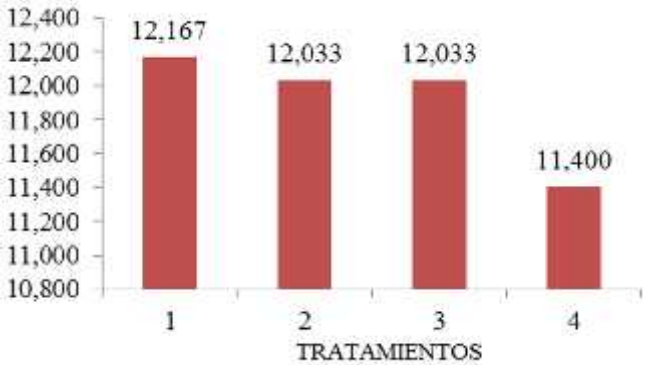


Figura 1. °Brix en la producción de melón en micro túnel con hule sin albedo y acolchado plástico.

Rendimiento

Los rendimientos obtenidos fueron altamente significativos a excepción de T1 que presento menor rendimiento (Figura 2). En comparación con los municipios productores de melón de la Comarca Lagunera el resultado obteniendo en T1 está dentro del rendimiento promedio de 32.12 t ha^{-1}(SIAP-SAGARPA, 2013).

Figura 2. Rendimiento en t ha^{-1} en la producción de melón chino en micro túnel con hule sin albedo y acolchado plástico en la Laguna.

Fenología

El inicio de cosecha para el cultivo de melón es cuando se acumulan aproximadamente 1,172 unidades calor y para fin de cosecha se debe de acumular un valor de 1,421 unidades calor (Cano y González, 2002). En este caso se compararon estadísticamente las unidades calor acumuladas por mes entre cada tratamiento durante el ciclo del cultivo (Figura 3). El análisis de varianza presentó diferencia altamente significativa en los cuatro tratamientos en estudio, siendo T2 el de mejores condiciones climatológicas. Para el inicio de cosecha no hubo significancia alguna en relación a las unidades calor acumulas por mes.

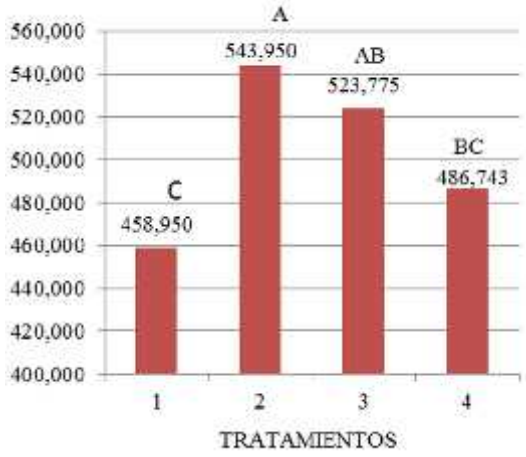


Figura 3. Unidades calor acumuladas por mes durante el ciclo del cultivo de melón chino en micro túnel con hule sin albedo y acolchado plástico.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en la presente investigación fueron favorables para el desarrollo del cultivo y entran dentro de los parámetros de calidad para el mercado nacional. No obstante, hay que considerar como punto de gran importancia, el manejo de ventilación que se le va a dar al micro túnel, puesto que el material utilizado como cubierta plástica puede incrementar demasiado la temperatura en el ambiente del mismo y ocasionar daños a la planta si no se le da el manejo adecuado. Con respecto al mejor tratamiento (T2), en relación a unidades calor acumuladas durante el ciclo de cultivo, es el que mejor puede disminuir los costos de producción (que en esta investigación no fueron analizados). Además, con este sistema de producción se recomienda adelantar un mes más la fecha de trasplante seleccionada en esta investigación, ya que las temperaturas fueron favorables para el desarrollo vegetativo del cultivo, según el manejo que se le dio.

Referencias

Cano R., P. y V. H. Gonzáles V. 2002. Efecto de la distancia entre camas sobre el crecimiento, desarrollo, calidad de fruto y producción de Melón (*Cucumis melo* L.). CELALA-INIFAP-SAGARPA. Matamoros, Coahuila, México. Informe de Investigación.

Cirugeda A, J. Aibar, A. Anzalone, L. Martín-Closas, R. Meco, MM Moreno, A. Pardo, A.M. Pelacho, F. Rojo, A. Royo-Esnal, M.L. Suso, C. Zaragoza (2012). Biodegradable mulch instead of polyethylene for weed control of processing tomato production. Agronomy for Sustainable Development. (1-9)Springer Paris, Issn: 1774-0746, Doi: 10.1007/s13593-012-0084-

Fischer G., F. Torres-Carvajal, J. Torres-Bazurto. 1997, Efecto de la temperatura del suelo sobre la planta. 1. Crecimiento y desarrollo, Revista Comalfi, Volumen XXIV, Número 3, pag 78-92.

Galmarini Claudio, Liliana Niveyro, Pablo Loyola, Patricia Occhiuto, María Laura Foschi, Pablo Cavagnaro, Emiliano Flores Asin, 2015, GUÍA TEÓRICA "Cátedra de Horticultura y Floricultura", Universidad Nacional de Cuyo, pag 8-11.

Gaytán A. 2014. Ampliación del periodo de cosecha de melón fuera de temporada en fecha temprana mediante el uso de microtúneles de agribon en la Comarca Lagunera, Campo Experimental La Laguna.

http://mallatex.com.mx/agrovelo/. Consultado el 20-07-2015.

Jones, J. B., B. Wolfy H. A. Mills. 1991. Plant Analysis Handbook. Micro Publishing, Inc. U.S.A. p 179.

Martínez De la C. J. 2007. Acolchado en hortalizar. Capítulo 8. Facultad de Agronomía, UANL.

Rodríguez A., L. Ibarra, 1991. Semiforzado de cultivos mediante el uso de plásticos. Noriega editores, editorial LIMSA, México, España, Venezuela, Argentina, Colombia, Puerto Rico. Primera edición.

Sabori-Palma R., Moreno-Bedoy A., Armenta-Castro C.M., Grageda-Grageda J., Martínez-Díaz G., Fierros-Leyva G.A., 2013, Producción de melón tipo Honey Dew con microtúnel y acolchado en la costa de Hermosillo, Sonora, INIFAP. Campo Experimental Costa de Hermosillo, INIFAP- CENEB, XVI Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas, Hermosillo Sonora.

SIAP-SAGARPA. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2013. Avance de siembras y cosechas. Disponible en http://www.siap.sagarpa.gob.mx

Vázquez C., E. Salazar-Sosa, M. Fortis-Hernández, M.I. Reyes-Oliva, R. Zúñiga, 2010. Uso de cubiertas plásticas para solarización de estiércol bovino. Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ). Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), Instituto Tecnológico de Torreón, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Unidad Laguna. Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria (DGETA).

www.SIAP.GOB.MX. Consultado el 24-07-2015.

EFECTO DE RIZOBACTERIAS ISLADAS DE SUELO EN LA ACUMULACIÓN DE PLOMO POR *Helianthus annuus* L. BAJO CONDICIONES *IN VITRO*

Pérez-Jaramillo J.[1]; Covarrubias, S.A.[1]; Pérez-Hernández M.R.[2]; Peña-Cabriales, J.J.[1*]

[1]Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Unidad Irapuato. Departamento de Biotecnología y Bioquímica. Laboratorio de Microbiología Ambiental. Irapuato, Guanajuato, México.

[2]Universidad Politécnica de Sinaloa. Ingeniería en Biotecnología. Mazatlán, Sinaloa, México.

*Autor responsable: jpena@ira.cinvestav.mx; Km. 9.6 Libramiento Norte, Carretera Irapuato-León. Col. El Copal, Irapuato, Guanajuato. México. CP 36821 Tel. +52(462)-623-9600 extensión 9443

RESUMEN

El plomo es uno de los principales contaminantes metálicos en el ambiente debido principalmente a las actividades antropogénicas y en específico la minería, generalmente los lugares donde se realiza o realizó esta práctica contienen cantidades excesivas de este elemento, por ello se buscan alternativas amigables con el medio ambiente para la remoción de este contaminante. Con las cepas bacterianas se montó el bioensayo para observar el efecto de dichas bacterias en el girasol sometido a estrés por plomo. Las mejores cepas evaluadas pertenecen al género *Pseudomonas* y *Rhodococcus* las cuales mostraron un incremento en la acumulación de Pb de más del doble comparado con el tratamiento control sin inoculación.

PALABRAS CLAVE: Fitorremediación, bioaumentación, biotecnología.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la contaminación en México por metales pesados ha ido en incremento debido a actividades antropogénicas como lo son la minería y la metalúrgica. Es por ello que se han tomado iniciativas para remediar o solucionar dicho problema a través de buscar alternativas biotecnológicas. El plomo es uno de los principales metales pesados que se encuentran tanto en suelo como en agua. Su uso por el ser humano se ha incrementado a través del tiempo, sin embargo, ha acarreado también diferentes problemas a la salud humana y el medio ambiente.

En el presente trabajo se utilizó como modelo de estudio a la planta *Helianthus annuus* (var. paisano) mejor conocido como girasol debido a su conocida capacidad de bioacumular metales pesados (Chen y Cutright, 2000; Barcos-Arias *et al.* 2015). Como una estrategia para mejorar la capacidad natural de acumular plomo por parte del girasol, se recurrió a la inoculación de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (RBPCV) aisladas de un sitio contaminado por metales pesados, dichas cepas pertenecen a la colección de microorganismos del laboratorio de Microbiología Ambiental del CINVESTAV unidad Irapuato.

El objetivo de este trabajo es evaluar la acumulación de Pb en *H. annuus* debido a la inoculación con RBPCV bajo condiciones *in vitro.*

MATERIALES Y MÉTODOS

Concentración mínima inhibitoria de Pb para *H. annuus*

Para la realización del bioensayo de concentración mínima inhibitoria se llevó a cabo una desinfección de las semillas de *H. annuus* con hipoclorito de sodio al (poner concentración). Una vez desinfectadas las semillas se colocaron en medio MS adicionado con diferentes concentraciones de $Pb_2(NO_3)_2$ desde 1 mM hasta 4 mM. Los ensayos se realizaron en tubos de ensaye con tapa enroscada a los cuales se les añadió 15 ml del medio contaminado con Pb. El experimento se llevó a cabo en un cuarto de crecimiento a 27 °C con un fotoperiodo corto y una intensidad luminosa de (colocar la intensidad luminosa) durante un tiempo aproximado de 7 a 9 días. Al terminar el experimento se determinó la supervivencia, así como el peso fresco y seco de la planta.

Preparación de los inóculos e inoculación de las semillas

Se seleccionaron de la colección de microorganismos del laboratorio de Microbiología Ambiental del Cinvestav Unidad Irapuato las bacterias *Pseudomonas* sp. 52 y *Rhodococcus* spp. MR3.17. Dichas bacterias fueron aisladas de suelo contaminado con metales pesados. Ambas bacterias mostraron tolerancia a Pb además *Pseudomonas* sp 52 presento producción de sideróforos y solubilización de fosfato. Las semillas de girasol previamente esterilizadas se sumergieron por 10 minutos en una solución que contenía $1x10^6$ ufc/ml de cada microorganismo.

Bioensayo en tubos de vidrio

Los ensayos de acumulación de Pb por efecto de la inoculación de microorganismos se realizaron de la misma manera que los de concentración mínima inhibitoria, a excepción que la concentración utilizada en este experimento fue de 1 mM de $Pb_2(NO_3)_2$. Los tratamientos establecidos fueron:

1. Control + (con Pb)
2. *Pseudomonas* sp. 52
3. *Rhodococcus* sp. MR3.17

Al terminar el experimento se determinó la supervivencia, así como el peso fresco y seco de la planta, así como la acumulación de Pb.

Determinación de a acumulación de Pb en *Heliantus annuus*

La determinación de Pb se realizó en los laboratorios SIASA ubicados en Querétaro mediante el método de ICP-MS de acuerdo a la norma mexicana vigente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Concentración mínima inhibitoria de Pb: En lo que respecta al crecimiento de *H. annuus* bajo diferentes concentraciones de $Pb(NO_3)_2$, no se observó diferencia en el crecimiento de la planta entre 0 y 1mM de $Pb(NO_3)_2$, por el contrario, a 2 mM de $Pb(NO_3)_2$ se observó un deterioro considerable en el tamaño de planta (Figura 1.) y un escaso desarrollo de la raíz. Las concentraciones más altas de plomo inhibieron la germinación de girasol.

Figura 1. Efecto del Pb en el desarrollo de *H. annuus*.

Efecto de las bacterias en el crecimiento y la acumulación de Pb en *H. annuus*: en lo que respecta a la acumulación de biomasa fresca no hubo diferencias significativas entre el tratamiento control y el inoculado con la cepa *Pseudomonas* sp. 52 (Figura 2.) por el contrario el tratamiento inoculado con *Rhodococcus* sp. MR317 si mostro un incremento significativo en su biomasa. En la acumulación de Pb los tratamientos inoculados con las rizobacterias mostraron diferencias significativas con respecto al control siendo el tratamiento inoculado con *Rhodococcus* sp. MR317 el que mostro la máxima acumulación de plomo en tejido.

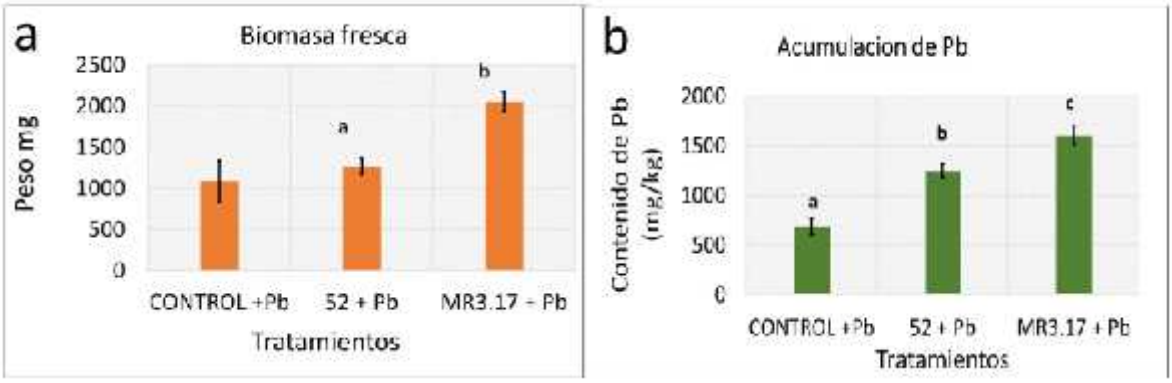


Figura 2. Producción de biomasa fresca (a) y acumulación de Pb (b) en *H. annuus* inoculado con *Pseudomonas* sp. 52 y *Rhodococcus* sp. MR317. Las letras mayúsculas sobre las barras denotan diferencias significativas.

CONCLUSIÓN

Helianthus annuus ha demostrado ser capaz de acumular cantidades considerables de plomo, al ser inoculada con la cepa *Pseudomonas 52* y *Rhodococcus* sp. MR317 esta capacidad se vio incrementada en casi el doble debido al efecto de la bacteria, además la planta no mostro signos visibles de deterioro debido al plomo. Aunque se recomienda realizar más ensayos probando el binomio planta-bacteria en condiciones reales (diferentes tipos de suelo contaminado

Agradecimientos

Al Conacyt por el financiamiento para el proyecto ''La fitorremediación como alternativa para atenuar la contaminación por metales pesados y compuestos organoclorados en Zacatecas'' del cual deriva esta investigación.

Referencias

Barcos-Arias, MS., Peña-Cabriales JJ., Alarcón A., y Maldonado-Vega M. 2015. Enhanced Pb Absorption by *Hordeoum vulgare* L. and *Helianthus annuus* L. Plants inoculated with an Arbuscular Mycorrhizal Fungi Consortium. International Journal of Phytoremediation. 17: 405-413.

Chen H y Cutright T (2000) EDTA and HEDTA effects on Cd, Cr and Ni uptake by *Helianthus annuus.* Chemosphere. 45: 21-28.

RIEGO SUPLEMENTARIO AHORRA AGUA Y MEJORA EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LA TUNA 'ROJA DALIA'

Zegbe-Domínguez, J.A.[1]; Serna-Pérez, A.[1*]; Maldonado-Rodríguez, M. R.[2]

[1]INIFAP-Campo Experimental Zacatecas. Calera de V.R., Zacatecas, México.
[2]Unidad Académica de Agronomía, Universidad Autónoma de Zacatecas. Km. 15.5Carretera Zacatecas-Guadalajara, Cieneguillas, Zacatecas, México.

*Autor responsable: serna.alfonso@inifap.gob.mx; Apartado Postal Núm. 18, Col. Centro, Calera de V.R., Zacatecas. México. CP 98500; Tel. +52(55)-3871-8700 Extensión 82319

Resumen
El riego suplementario (RS) no ha sido evaluado en nopal tunero en relación al ahorro de agua. El objetivo de este estudio fue comparar el RS, riego completo (RC) y sin riego (SR) en relación al ahorro del agua de riego, eficiencia del uso del agua (EUA), producción de fruta (PF), distribución de la fruta por tamaños (DFT) y la calidad de la fruta (CF) del nopal tunero 'Roja Dalia'. El experimento se condujo en un diseño experimental completamente aleatorio con tres repeticiones. La CF incluyó: peso promedio del fruto (PPF), firmeza de pulpa (F), los pesos de pulpa y la cáscara, la concentración de sólidos solubles totales (CSST) y la concentración de materia seca (CMS). En la cosecha, el RS ahorró ≈ 52% del agua aplicada, incrementó la EUA 1.4 veces y redujo 12.9% la PF en comparación con el RC. Las plantas bajo RC y RS produjeron más del 70% de la fruta comercial (Categorías 1 y 2), mientras que las plantas SR tuvieron únicamente 28% de la fruta Categoría 2. En cuanto a la CF, la F y la relación pulpa-cáscara fueron similares entre tratamientos, mientras que la fruta SR tuvo la mayor CSST y CMS y pero con PPF menor. El RS produjo respuestas similares al RC, entonces el RS podría ser una alternativa de riego factible para el nopal tunero en esta y otras zonas productoras del mundo, donde la disponibilidad de agua es limitada.

Palabras clave
Opuntia spp.; eficiencia hídrica; planta xerófita

Introducción
En México, el nopal se cultiva ampliamente para diferentes propósitos (e.g., forraje, hortalizas y frutas) en aproximadamente 85,000 ha de regiones áridas y semiáridas, donde el agua es el principal factor limitante para las actividades agropecuarias. Esta planta mexicana es económicamente importante en zonas secas alrededor del mundo (Sáenz, 2013). La producción de tuna, bajo el esquema de riego presurizado, ha llegado a ser tan productivo y rentable como cultivos C3 o C4 (García de Cortázar y Nobel, 1992). Así lo sugiere investigaciones conducidas en Israel en donde la producción de fruta del cultivar 'Orfer' bajo fertirrigación alcanzó entre 20 Mg ha^{-1} (Nerd *et al*., 1991) y 25 Mg ha^{-1} (Nerd y Mizrahi, 1994).

En México, 98.7% de 47,688 hectáreas se cultiva en condiciones de temporal y el resto bajo riego, pero el rendimiento, en promedio, para temporal y riego es de 9.5 y 18.1 Mg ha^{-1} de fruta, respectivamente (SIAP, 2016).

A pesar de la escasez de agua en el semi-desierto zacatecano, algunos productores de nopal tunero (4.4%) han estado cambiando sus huertas de temporal a sistemas presurizados de riego por goteo.

Esto ha sido motivado para mejorar la productividad del cultivo, la calidad del fruto y aumentar el número de frutos para exportación. Sin embargo, el volumen y la frecuencia en la aplicación del agua de riego han resultado ser ineficientes. Por lo tanto, resulta imperativo probar alternativas de riego encaminadas al ahorro de agua, lo cual no ha sido probado en este cultivo. Así, el objetivo de este estudio fue comparar el riego suplementario (RS), riego completo (RC) y sin riego (SR) en relación al ahorro del agua de riego, eficiencia del uso del agua (EUA), producción de fruta (PF), distribución de la fruta por tamaño y la calidad de la fruta (CF) del nopal tunero 'Roja Dalia'. La hipótesis que se probó asumió que el RS podría ahorrar agua y mejorar la EUA, pero al mismo tiempo promovería PF y CF similares a aquellas plantas cultivadas en RC.

Materiales y Métodos

Sitio experimental y material genético

El experimento se realizó en el Campo Experimental Zacatecas, Calera, Zacatecas, México (lat. 22° 54' N, longitud. 102° 39' O, altitud 2,197 m), de marzo a octubre de 2012. El sitio experimental tiene una temperatura media anual de 14.6° C y recibe 416 mm de lluvia, de la cual, 75% ocurre entre julio y octubre. La evaporación media anual es de 1,609 mm. El suelo huerta tiene una textura franca, 1.73% de materia orgánica y pH de 7.75. Se utilizaron plantas de nopal tunero (*Opuntia* spp.) variedad 'Roja Dalia' de seis años de edad. Esta variedad, en comparación a otros cultivares, tiene una maduración intermedia y pulpa de color rojo. Las plantas se espaciaron a 4 m x 3 m y se condujeron en un sistema a centro abierto. Las plantas recibieron prácticas agronómicas utilizadas en la producción local comercial e incluyó riego por goteo, poda anual de cladodios, aclareo de frutos, fertirrigación y control de plagas, enfermedades y maleza como fue necesario.

Tratamientos de riego

Nueve unidades experimentales (UE), con nueve plantas cada una, fueron seleccionadas y asignadas aleatoriamente a tres tratamientos de riego (tres UE por tratamiento). Los tratamientos de riego fueron: 1) sin riego (SR, como testigo de temporal), 2) riego suplementario (RS) y 3) riego completo (RC). El RS y RC fueron regados por goteo con 2 emisores (cada uno ubicado a 50 cm de distancia del tronco de la planta) que en conjunto emitieron 8 L h^{-1}. El suministro de riego en ambos tratamientos fue controlado con válvulas de paso, según fue necesario. Durante el experimento, el contenido volumétrico de agua (θ) se monitoreó antes y 24 horas después de cada riego por reflectometría (TDR, Mini-Trase System, Soil Moisture Equipment Corp., Santa Barbara, CA, USA). Los tratamientos de riego se aplicaron con base en un balance hídrico del suelo (Zegbe y Serna, 2012).

Rendimiento e indicadores de eficiencia hídrica

La información se recaudó utilizando las dos plantas centrales de cada UE. La fruta se cosechó en siete eventos del 18 de julio al 25 de agosto de 2012. La fruta cosechada de cada planta se calificó por separado por el diámetro ecuatorial (cm) para las siguientes categorías 1 > 7.0, 2 = 7.0 a 6.0 cm, 3 = 5.9-5.0 cm y 4 = 4.9 a 4.1 cm. La fruta de cada planta se contó y pesó. El peso promedio del fruto se calculó dividiendo el rendimiento bruto por el número de frutos por planta. La eficiencia del uso del agua se derivó dividiendo el rendimiento por la evapotranspiración del cultivo. La eficiencia de la lámina de agua aplicada se calculó dividiendo el rendimiento por el volumen de agua de riego aplicada.

Calidad de la tuna

La calidad de la fruta se evaluó en la cosecha (6 de agosto) cuando la epidermis de la tuna tuvo una tonalidad verde-rojiza. Veinticuatro frutos (ocho por repetición) fueron seleccionados al azar de la

parte externa y alrededor de cada planta. La firmeza de la pulpa se determinó después de eliminar la epidermis de la fruta en dos lados opuestos de la parte ecuatorial de cada tuna usando un penetrómetro con un puntal de 11.1 mm (modelo FT 327, Wagner Instruments, Greenwich, CT, USA). La concentración de sólidos solubles totales se obtuvo mezclando unas gotas de cada lado de la fruta. La muestra se midió con un refractómetro digital con compensación automática de temperatura (modelo PR-32α, Atago, CO., Ltd., Tokio, Japan). La cáscara y pulpa de cada tuna se pesaron por separado con una balanza de precisión (Mettler PE11, Mettler Instrumente, Greifensee-Zurich, Suiza). La concentración de materia seca del fruto se determinó a partir de 25 g de muestras compuestas de pulpa fresca de tres frutas. Las muestras se secaron en estufa a 65° C a peso constante.

Análisis de la información

Los datos fueron analizados utilizando un modelo de bloques completos aleatorizado con el procedimiento GLM del programa SAS (SAS Institute ver. 9.3, 2002-2010, Cary, NC, USA). Los promedios de tratamientos se separaron y compararon con la diferencia mínima significativa de Fisher con $p \leq 0.05$. El número de frutos se utilizó como covariable para analizar el rendimiento.

Resultados y Discusión

Al inicio del experimento, en todos los tratamientos, el θ se encontró por debajo del punto de marchitez permanente (PMP) hasta que el riego se reanudó y el θ se llevó hasta capacidad de campo (CC) en el riego completo (RC) y el riego suplementario (RS), mientras que el θ de plantas sin riego (SR) se mantuvo entre 0.09 y 0.12 m^3 m^{-3} desde el inicio del experimento hasta 80 días después de floración completa (DDFC) después de esto, el θ alcanzó el nivel de PMP debido a la precipitación que normalmente se presenta durante el verano (Figura 1). El θ en el RC se recuperó semanal hasta CC durante toda la temporada de crecimiento, mientras que el θ en el RS se recuperó únicamente dos veces al través del riego y lluvia a los 45 y 84 DDFC, respectivamente (Figura 1).

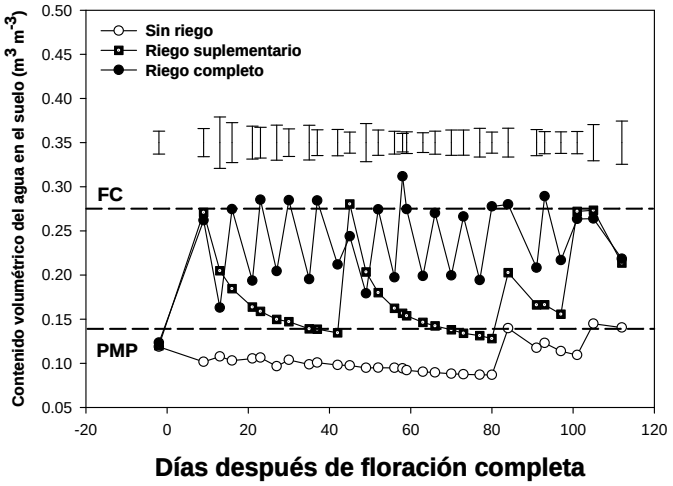


Figura 1. Cambios en el contenido de agua del suelo (θ en el texto) en plantas de nopal 'Roja Dalia' sometidas a tratamientos de riego. Las líneas horizontales discontinuas indican la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP) para el suelo de la huerta. Las barras verticales representan la diferencia mínima significativa con la prueba de Fisher con $p \leq 0{,}05$.

La forma como el riego se aplicó en las plantas con RS redujo la evapotranspiración del cultivo aproximadamente 35%, y consecuentemente, ahorró 52% del agua de riego en relación a las plantas

con RC. Aun cuando no fue significativo, esto se reflejó en la eficiencia de agua aplicada a través del riego, el cual tendió a ser mayor en las plantas con RS que en las plantas con RC, pero la eficiencia del uso del agua (EUA) fue similar en estos tratamientos y menor en comparación en las plantas SR. Esto último fue posible porque las plantas SR no tuvieron ningún aporte de agua, excepto por la precipitación que normalmente se presenta durante el verano (Cuadro 1).

Cuadro 1. Evapotranspiración de referencia acumulada (ETo), evapotranspiración del cultivo (ETc), lámina de riego aplicada (LRA), eficiencia en el uso de agua (EUA) y eficiencia de LRA (LRA_E) en plantas de nopal tunero variedad 'Roja Dalia' en respuesta a tratamientos de riego en la estación de crecimiento de 2012.

Tratamientos de riego	ETo (mm)	ETc (mm)	LRA (mm)	LRA_E (kg mm^{-1} ha^{-1})	EUA (kg mm^{-1} ha^{-1})
Sin riego	1,500	163	-----	-----	64.7a
Riego suplementario	1,500	301	146	65.3a[X]	31.7b
Riego completo	1,500	462	304	47.0a	30.9b
DMS				33.4	18.7
CV (%)				23.3	22.1
Significación				0.203	0.0o1

[X] Dentro de columnas, promedios seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí con base en la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS) de Fisher con *p* ™0.05. CV es el coeficiente de variación.

En promedio, el peso del fruto (PF) y el rendimiento de la tuna fueron significativamente mayores en las plantas con RC y RS que en las plantas SR. Las plantas con RC y RS produjeron aproximadamente 73% de la fruta con tamaño comercial (Categorías 1 y 2) en comparación con las plantas SR (Cuadro 2). En este punto es imprescindible remarcar que el RS ahorró 52% del agua de riego en relación al RC, y que paralelamente ese mismo tratamiento produjo un rendimiento de tuna y fruta de tamaño comercial similar a las plantas con RC. Esto último no había sido demostrado, al menos en plantas de nopal bajo producción comercial. Por lo tanto, RS podría ser una estrategia viable de riego para la explotación comercial sustentable del nopal tunero. El riego sustentable es ya ahora un gran desafío para la mayoría de los cultivos, y consecuentemente en la producción de alimentos en todo el mundo, en particular en agro-ecosistemas áridos y semi-áridos donde la escasez física del agua es enfrentada diariamente (Billib *et al*., 2009).

Cuadro 2. Rendimiento de fruta (RF), peso promedio del fruto (PPF) y distribución de la fruta por tamaños del nopal tunero 'Roja Dalia' en respuesta a tratamientos de riego en la época de crecimiento de 2012.

			Distribución de la fruta por tamaños (%)			
			Categorías (diámetro ecuatorial, cm)			
Tratamientos de riego	RF (t /ha)	PPF (g)	1 (> 7)	2 (7.0-6.0)	3 (5.9-5.0)	4 (4.9-4.1)
Sin riego	09.6	123.6b [X]	0.0a	28.0b	67.4a	4.6a
Riego suplementario	11.5	152.8ab	1.2a	72.0a	26.0b	0.8a
Riego completo	13.2	165.8a	3.3a	69.7a	27.0b	0.0a
DMS	-----	23.6	5.0	17.4	21.0	4.7
CV (%)	6.5	6.7	23.5	11.3	24.6	15.5
Significación	0.005	0.012	0.34	0.02	0.02	0.093

[X] Dentro de columnas, promedios seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí con base en la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS) de Fisher con *p* ™0.05. CV es el coeficiente de variación.

Como se indicó tanto el RC como RS promovieron un PPF mayor que las plantas SR, sin embargo,

la fruta bajo RC y RS redujeron las concentraciones de sólidos solubles totales (CSST) y el contenido de materia seca del fruto (CMS) (datos sin mostrar), lo cual pudo ser atribuido a un fenómeno de dilución porque la fruta SR fue de menor tamaño, pero con valores promedio de CSST y CMS más altos que aquella fruta producida bajo RC o RS. Este comportamiento también ha sido observado en manzana bajo distintos tratamientos de riego (Ebel *et al*., 1993). La firmeza de la pulpa y la relación pulpa/cáscara fueron similares entre tratamientos.

Conclusiones

El riego complementario (RS) ahorró aproximadamente 52% del agua de riego aplicada, aumentó la eficiencia del agua de riego en 1.4 veces y redujo 12.9% el rendimiento de tunas en relación con riego completo (RC). Sin embargo, las plantas con RS y RC produjeron más del 70% de tuna con valor comercial (Categorías 1 y 2), mientras que las plantas sin riego (SR) produjeron sólo 28% de la fruta de la Categoría 2. En relación a la calidad de la tuna, la fruta SR tuvo una alta concentración de sólidos solubles totales y contenidos de materia seca del fruto, pero la tuna fue de menor tamaño, en promedio, que aquellas producidas en plantas con RS y RC. La firmeza y la relación pulpa-cáscara fueron similares entre tratamientos. Como RC y RS produjeron respuestas similares en esta variedad de nopal tunero, el último tratamiento tiene un gran potencial para usarse comercialmente en la producción de nopal tunero en esta región y en otros agro-ecosistemas agrícolas similares donde la disponibilidad de agua es limitada.

Agradecimientos

Esta investigación fue parcialmente financiada por la Fundación Produce Zacatecas, A.C., a través del proyecto PFZ/075/2004. Se agradece la asistencia técnica del Sr. Pedro Castañón Hernández.

Referencias

Billib, M., K. Bardowicks and J.L. Arumí. 2009. Integrated water resources management for sustainable irrigation at the basin scale. Chilean J. Agri. Res. 69: 69-80.

Ebel, R.C., E.L. Proebsting and M.E. Patterson. 1993. Regulated deficit irrigation may alter apple maturity, quality, and storage life. HortScience 28: 141-143.

García de Cortázar, V. and P.S. Nobel. 1992. Biomass and fruit production for the prickly pear cactus, *Opuntia ficus-indica*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117: 558-562.

Nerd, A., A. Karady and Y. Mizrahi. 1991. Out-of-season prickly pear: fruit characteristics and effect of fertilization and short drought on productivity. HortScience 26: 527-529.

Nerd A. and Y Mizrahi. 1994. Effect of fertilization and organ removal on rebudding in *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller. Scientia Hortic. 59: 115-122.

Sáenz, C., H. Berger, A. Rodríguez-Félix, L. Galletti, J. Corrales-García, E. Sepúlveda, M.T. Varnero, V. García de Cortázar, R. Cuevas-García, E. Arias, C. Mondragón, I. Higuera and C. Rose (Eds). 2013. Agro-industrial utilization of cactus pear. Food and Agriculture Organization of the United Nations (Rome, Italy) 150 p.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2016: Anuario estadístico de la producción agrícola. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351. (julio 2016).

Zegbe, J.A. and A. Serna-Pérez. 2012. Partial rootzone drying to save water while growing apples in a semi-arid region. Irrig. and Drain. 61: 251-259.

División III:

APROVECHAMIENTO DEL RECURSO SUELO

ELABORACIÓN DE BIOFERTILIZANTE A BASE DE *Rhizobium s*pp. EN CAMPO ZACATECANO

Acuña-Quiñones, A.[1]*; Méndez -Márquez, R.[1]; Lara-Herrera, A.[1].

[1]Universidad Autónoma de Zacatecas. Unidad Académica de Ciencias Químicas. Zacatecas, Zac., México.

*Autor responsable: any_230693@hotmail.com; Calle Plan de Ayutla Núm. 203, Col. Benito Juárez, Zacatecas, Zacatecas. México. CP 98080; Tel. +52(437)-104-8069

Resumen

Los biofertilizantes son preparados de microorganismos aplicados al suelo y/o planta con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética, así como disminuir la contaminación generada por los agroquímicos (Armenta, García *et al*. 2010). Desde un punto de vista ecológico los fijadores del nitrógeno más importantes son aquellos que fijan en asociación con una planta, porque el Nitrógeno fijado es suministrado precisamente donde se necesita: pegado a las raíces de la planta (Postgate, 1981).

Palabras clave
Biofertilizantes, Microorganismos, Fertilización, *Rhizobium* spp.

Introducción

Los organismos fijadores de nitrógeno mejor conocidos son los que se encuentran en las asociaciones biológicas simbióticas conocidas como nódulos de las raíces, principalmente de las plantas leguminosas, dentro de las cuales las formas bacteroides de *Rhizobium* fijan el Nitrógeno. (Mays-Figueroa, 2004).

La interacción de las leguminosas con bacterias capaces de aprovechar una gran proporción del nitrógeno atmosférico (familia Rhizobiaceae) resulta de gran importancia para el desarrollo de los cultivos (FAO, 1984).

Los rizobios, son microorganismos capaces de inducir la formación de nódulos fijadores de nitrógeno atmosférico en las raíces de las plantas de la familia Leguminosae (Marc-Neyra, 1995). Son bacilos de 0, 5 a 0, 9 µm de ancho y 1,2 a 3, 0 µm de longitud, son bacterias Gram negativas y no esporulan, son móviles debido a flagelos perítricos o a un flagelo polar o subpolar (Marc-Neyra, 1995).

La especie *Phaseolus vulgaris* o frijol común es originaria del área México-Guatemala. Un estudio realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) realizó el VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007, identificando al frijol como uno de los cultivos de mayor importancia en México; por superficie sembrada, se ubica en segundo lugar después del maíz y el Estado de Zacatecas es el primer productor de esta leguminosa en el año agrícola 2007. En la actualidad la agricultura es una de las actividades más importantes para la economía de los Zacatecanos, pues de ella depende la alimentación primaria de miles de personas (Molina y Córdova, 2006).

La ENA contempla datos de los 34 productos más importantes para el país (México).

La Encuesta Nacional Agropecuaria 2014 arroja el dato que la superficie sembrada de cultivo anual que ocupa el frijol es de 1,878,933 de hectáreas, dando como resultado una producción de 1,434,668 toneladas de frijol (ENA 2014).

El 73% de la producción Agricola se destina a la venta, donde el volumen de producción vendido de frijol es: intermediario 62.7 %, directo al consumidor 2.3%, empacadora o industria procesadora 7.4%, central de abastos 1.4%, supermercado 0.3%, otro tipo de comprador 9.3%, varios compradores (no se conoce al comprador) 16.7% (ENA 2014).

Materiales y Métodos

Como material biológico se utilizaron nódulos de raíces de *Phaseolus vulgaris* (frijol) de las siguientes tres variedades:

1- Flor de Junio UAZ L77. (FJ-UAZ-L77)
2- Azufrado UAZ 136. (A-UAZ.136)
3- Flor de Junio UAZ 486. (FJ-UAZ-486)

Las muestras recolectadas se tomaron de manera aleatoria, dado que no todas las raíces presentaban nodulación.

Modo de preparación de los nódulos.

Se aislaron los nódulos de las raíces de la planta de frijol, y posteriormente se sanitizaron por inmersión en una solución de cloro al 10% (v/v) durante un tiempo de 5 minutos, y en una solución de etanol al 70% (v/v) por un periodo de 10 minutos. Posteriormente se realizan 3 lavados con agua estéril, con una duración de 1 minuto en cada lavado. Los nódulos previamente sanitizados fueron macerados en 10 ml de agua estéril, en un mortero estéril, posteriormente se tomó 1 ml del macerado y se diluyo con agua destilada estéril hasta obtener diluciones de 10^1 a 10^7; de cada dilución se estriaron 500 µl sobre cajas Petri conteniendo medio de cultivo ELMARC (Angeles y Cruz, 2015).

Caracterización de Rhizobium spp.

Se realizó caracterización morfológica macroscópica y microscópica con tinción de Gram y las pruebas bioquímicas de catalasa y oxidasa a cada una de las muestras, mostrando estas, analogía en la identificación.

Preparación de la semilla.

Se sanitizarón semillas de *Phaseolus vulgaris* (frijol) flor de junio, por inmersión en una solución de cloro al 10% en un tiempo de 14 minutos. Después las semillas se sumergen en solución de etanol al 70% en un periodo de 5 minutos y finalmente se realizan 5 lavados con agua estéril de 1 minuto cada uno (Ángeles y Cruz, 2015).

Preparación del suelo.

El suelo con el que se trabajó, se preparó a partir de una mezcla de un suelo arcilloso y arena, que proporciono la Unidad Académica de Agronomía perteneciente a la U.A.Z., el cual fue esterilizado en autoclave por 20 minutos a 15 psi/121 °C.

Medio de cultivo ELMARC (para 1 litro)

K_2PHO_4	0,655g
$MgSO_4 .7H_2O$	0,200g
NaCl	0,100g
Manitol	2.500g
Sacarosa	7.500g
Extracto de levadura	0.500g

Agar	15.000g
Solución Rojo Congo*	1.00ml (*Rojo Congo 1g en 400 ml de agua destilada.)
pH	6.5-6.8

Estándar McFarland 0.5

El estándar de McFarland es creado al mezclar soluciones de cloruro de bario y ácido sulfúrico, el patrón 0.5 corresponde aproximadamente a una suspensión homogénea de $1.5x10^8$ células por ml. (McFarland Turbidity Standart Nº 0.5)

Fórmula aproximada.
Ácido sulfúrico 0.18M…….. 99.5 ml
Cloruro de Bario 0.048 M…….. 0.5 ml

Metodología para la elaboración del biofertilizante.

1. - Preparar el estándar de McFarland 0.5.
2. - Preparar tubos de cada aislamiento de *Rhizobium* de las 3 variedades al 0.5 McFarland.
3. - Inocular matraces con 150 ml de caldo nutritivo, 1ml del preparado de cada variedad al 0.5
4. - Colocar en plancha de agitación, durante 72 horas a 28 º C, y fotografiar cada 24 horas.
5. - Realizar tinción de Gram al desarrollo obtenido de los matraces.
6. - Comenzar la siembra del frijol de la variedad flor de junio.

Ensayo en invernadero.

Se utilizarán semillas de la variedad de flor de junio, con previa sanitización como antes se menciona, se procederá a sembrarlas sobre macetas de aproximadamente 1Kg con suelo estéril y se verificara periódicamente su desarrollo hasta un tiempo de 80 días para posteriormente medir su desarrollo de foliación, talla, raíz y nodulación.

Resultados y Discusión

La interacción simbiótica entre la planta – microorganismo, permite mostrar algunos procesos biológicos que favorecen el desarrollo de los cultivos de leguminosas, satisfaciendo las necesidades de la agricultura, además de mostrar un rendimiento alto, con la ventaja de un costo bajo, una fertilidad del suelo y sobre todo, una menor contaminación como la causada por la fertilización química.
Este trabajo se ha centrado en buscar cepas de *Rhizobium* spp. y mezclarlas con otras sustancias que proporcionen nutrición a las bacterias que se encargan de llevar a cabo la formación de nódulos en las raíces del frijol y así llevar a cabo el proceso de fijación de nitrógeno.

Microorganismos que promueven la fijación de nitrógeno, aislados de raíces de tres variedades de frijol.

Para este proyecto se lograron aislar cepas de *Rhizobium* de tres variedades de frijol (FJ-UAZ-L77, A-UAZ-136 y FJ-UAZ-486), las pruebas bioquímicas de catalasa y oxidasa (Figuras 1 y 2) fueron unas de las pruebas que permitieron saber que se trataba de FBN (*Rhizobium* spp.), además de la tinción de Gram que mostró bacilos Gram negativos (Figura 3), morfología característica de cepas de *Rhizobium*. En la actualidad, es ampliamente conocido que las bacterias del suelo pertenecientes a la

familia Rhizobiaceae tales como *Sinorhizobium freddi*, *Bradyrhizobium japonicum* entre otras, interactúan con las raíces de las leguminosas para formar nódulos en los que el nitrógeno atmosférico puede ser fijado (Fraysse *et al.* 2002: Pueppke y Broughton, 1999).

Tabla 1- Desarrollo en caja de las diluciones de cada variedad.

Dilución	Fj l77 UAZ	A 136 UAZ	Fj 486 UAZ
Concentrado	√	√	√
1:1	√	√	√ ++
1:2	√	√	√ ++
1:3	X	√	√ y +
1:4	X	√	x
1:5	X	√	√
1:6	√	√	+
1:7	X	+	√

Fj: flor de junio, A: azufrado, x: sin desarrollo, √: desarrollo. +: Contaminación, ++; contaminación de dos colonias diferentes o más.

Figura 1- Prueba bioquímica Catalasa.

(A) Flor de junio UAZ L77, positivo a la prieba de catalasa, (B) Azufrado UAZ 136, catalasa positivo, (C) flor de junio UAZ 486 catalasa positiva

Figura 2- Pueba bioquimica Oxidasa.

(A) Flor de junio UAZ L77, positivo a la prieba de Oxidasa, (B) Azufrado UAZ 136, catalasa oxidasa, (C) flor de junio UAZ 486 oxidasa positiva.

Figura 3- Tinciones de Gram

(A) junio UAZ L77, Bacilos Gram negativos, (B) Azufrado UAZ 136, Gram negativos, (C) flor de junio UAZ 486 Bacilos Gram negativos.

Conclusiones

Se aislaron y caracterizaron morfológicamente y bioquímicamente y con tinción de Gram tres cepas de nódulos de raíces de frijol (FJ-UAZ-L77, A-UAZ.136 y FJ-UAZ-486).
La variedad de Azufrado UAZ 136 se presentó mayor nodulación en las raíces, al momento de evaluar el desarrollo en las cajas de las diferentes diluciones, presento formación de colonias características de *Rhizobium* spp.
Las variedades de Flor de junio UAZ L77 y Flor de junio 486, presentaron aproximadamente la misma cantidad de nódulos en las raíces, donde cabe mencionar que el desarrollo de colonias en las diferentes diluciones de la variedad L77 UAZ fue reducido y presentó contaminación, al igual en la variedad UAZ 486, aparentemente de micorrizas, en donde también valdría la pena estudiar esa interacción.
Algunas bacterias unidas a nutrientes favorecen el desarrollo de ciertas plantas, por lo que se a escrito. *Rhizobium* ayuda a optimizar el crecimiento en leguminosas, por consiguiente se esperá que dichas bacterias ligadas a nutrientes muestren una respuesta favorable a los cultivos de frijol en el campo del Estado de Zacatecas.

Referencias

Armenta A, García C, Camacho J, Apodaca M, Montoya L, y Nava E. 2010. Biofertilizantes En El Desarrollo Agrícola de México. Ra Ximhai; 6 (1): 51- 56.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1984. Legume inoculants and their use. Rome, Italy: FAO. 1 32pp.

Jabbouri, S.: Treilhou, M.: Couderc, F. and Poisot, V. 2002. Symbiotic conditions induce structural modifications of *Sinorhizobium* sp. NGR234 surface polysaccharides. Glycobiology. 12:741-748.

Marc Neyra 1995. Manual técnico de la fijación simbiótica del nitrógeno. Leguminosa/ Rhizobium. Roma

Mays Figueroa J. 2004. Fijación Biológica del Nitrógeno. UDO Agrícola; 4 (1): 1-20.

Nota Técnica Encuesta Nacional Agropecuaria 2014. SAGARPA-INEGI.

Postgate J. 1981. Fijación del Nitrógeno. 1ª edición. Barcelona. Ed. Omega. 9-82.

INDUCCIÓN FLORAL EN GUAMÚCHIL *Pithecellobium dulce* (ROXB.) BENTH

Alcántara-Jiménez, J.A.[1*]; Ixpango-Escobar, F.[2]; Michel-Aceves, A.C.[3]; Solís-Martínez, M.[4]; Alcántara-Nazario, A.O.[5]; Salmerón-Erdosay, J.[6]; Adulfo-Pérez, H.[7]

[1, 2, 3, 4, 6]**Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGro). Cocula, Guerrero. México.**
[5]**Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Horticultura. Saltillo, Coahuila. México.**
[7]**Colegio de Postgraduados. Departamento de Suelos. Montecillos, Edo. México. México.**

*Autor responsable: aaja61@hotmail.com. Av. Vicente Guerrero No. 81 Primer Piso, Col. Centro, Iguala, Guerrero. México. CP 40000; Tel. +52(733)-332-4328; 01-(736)-3350480

Resumen

La estacionalidad de la producción es el principal problema para comercializar el fruto de guamúchil en el Estado de Guerrero. El objetivo principal fue inducir la floración, aplicando promotores edáficos y foliares y su efecto en el rendimiento del fruto. El ensayo se estableció en una huerta de guamúchil, de dos años de edad ubicada en el Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Los tratamientos fueron: 1) NH_4NO_3, 2) KNO_3, 3) Agromil-Plus, 4) Super-Foli-Plus) y 5) un testigo absoluto sin aplicación de tratamiento distribuidos en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Las variables fueron número de brotes, longitud de ramas secundarias, diámetro de ramas secundarias, número de ramas reproductivas, peso del fruto y rendimiento total, los cuales se sometieron a un análisis de varianza y a una prueba de Tukey. Los resultados obtenidos indican que se logró inducir la floración con los cuatro tratamientos aplicados, el testigo presentó su floración de manera normal. Los rendimientos mejores fueron para el KNO_3, Agromil-Plus, NH_4NO_3 y Super-Foli-Plus.

Palabras clave
Guamúchil, Inducción, Floración

Introducción

El guamúchil crece en forma silvestre en diversas entidades del territorio nacional. En el estado de Guerrero forma parte de la flora silvestre de todas las regiones de la entidad. En las zonas centro y norte ha adquirido interés creciente para las personas que recolectan las vainas, porque se consume el fruto en estado fresco y seco, se utiliza el follaje como alimento para el ganado y con la madera se confeccionan diversos muebles y artesanías para el hogar; los cuales se venden directamente en los mercados regional y local; o bien, a través de los institutos de artesanías estatales; a precios que varían de acuerdo al tamaño, diseño y utilidad (Anónimo, 2003). Un extracto de las ramitas del guamúchil se ha reportado como un freno efectivo contra el virus mosaico del tabaco en la India (Ayala, 1999). El 80% de la producción se concentra entre los meses de febrero a mayo, por lo que hay problemas para su comercialización y se reduce el precio de la vaina. Por lo que si obtenemos fruta antes o después de este periodo crítico, se ofrecerían mejores perspectivas comerciales al recolector de fruta. Los frutales provenientes de semillas presentan un periodo juvenil largo, lo cual se obtiene su primera floración entre cinco o más años de edad en la mayoría de ellos. Este trabajo tuvo como objetivo principal evaluar el efecto de la combinación de fertilizantes al suelo

y la aplicación al follaje de inductores para obtener floración temprana en el guamúchil en condiciones agroecológicas de un clima cálido seco-subhúmedo que predomina en la región, con la finalidad de mejorar su productividad.

Materiales y Métodos

La presente investigación se realizó en el Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. En la región predomina un clima tropical seco con un suelo arcilloso, rico en materia orgánica con un pH ligeramente alcalino (Arancibia, 2013). Se seleccionó semilla de árboles silvestres de la región. El semillero se estableció el 5 de marzo del 2014, colocando 3 a 4 semillas a una profundidad de 1 cm. En la preparación del terreno se realizó un barbecho con un paso de rastra. Se utilizó un sistema de plantación de marco real con una distancia entre árboles de 5 x 5 m. Se realizaron las actividades de manejo como el control de malezas, poda de formación, cajetes, riegos y cosecha. El experimento se condujo en un diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones por cada uno de estos, teniendo 15 unidades experimentales por cada bloque. La unidad experimental estuvo constituida por un árbol, los cuales fueron seleccionados con base a su estado fisiológico que presentaba dentro de cada bloque. Para la inducción floral se estudiaron los siguientes tratamientos: Sulfato de amonio, Nitrato de potasio estos se aplicaron al suelo, a una dosis de 200-400 g respectivamente a una distancia del cuello del árbol de 1 m, haciendo una zanja alrededor del árbol, al fondo de esta se suministró las cantidades mencionadas y se tapó. Mientras que el Agromil-Plus, Super Foli-Plus se aplicaron 15 cc/10 L^{-1} y un testigo. Se realizaron tres aplicaciones cada quince días. Se consideraron las siguientes variables de estudio: Longitud de ramas secundarias, Diámetro de ramas secundarias, Número de brotes vegetativos, Número de ramas reproductivas, Número de frutos por m² de copa y Rendimiento total del fruto. A las variables evaluadas se les realizó un análisis de varianza de acuerdo al diseño experimental de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas, se procesaron los datos utilizando el programa Statical Analysis System (SAS), con una prueba de comparación de medias de Tukey con probabilidad del 5% y una de correlación para determinar la relación entre las variedades evaluadas (Herrera y Lorenzana, 1994).

Resultados y Discusión

El número de brotes florales obtenidos fueron similares en los cuatro tratamientos con respecto al testigo; es decir, no hubo diferencias significativas pero el tratamiento que sobresalió fue el Agromil-Plus (T3) con un promedio de brotes de 7.72 (Figura 1). Al respecto Reyes (1992) señala que al aplicar este producto al mango Manila adelantó la floración 21 días antes de la floración normal con respecto al testigo.

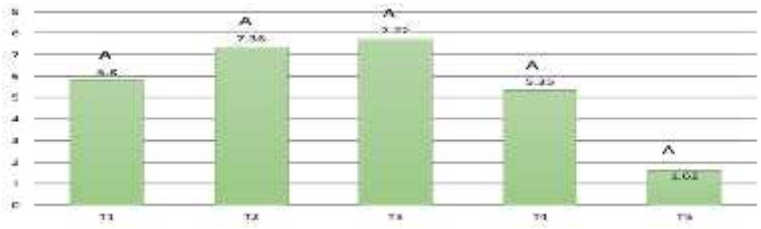


Figura 1. Número de brotes florales obtenidos con productos inductores de floración en Guamúchil.

En relación al peso del fruto hubo diferencias significativas de los tratamientos con respecto al testigo. Sin embargo, al aplicar KNO_3 se obtuvo el mejor peso de las vainas con 27 g/árbol (Figura 2). Al respecto, Ferrari y Sergent, (1994a); Mosqueda (1989); Reyes (1992) confirman que el nitrato de potasio desempeña un papel importante para el desfasamiento de la cosecha en frutales tropicales. En las Figuras 3, 4, 5, 6 y 7 se observa la floración al aplicar los tratamientos para inducir la floración.

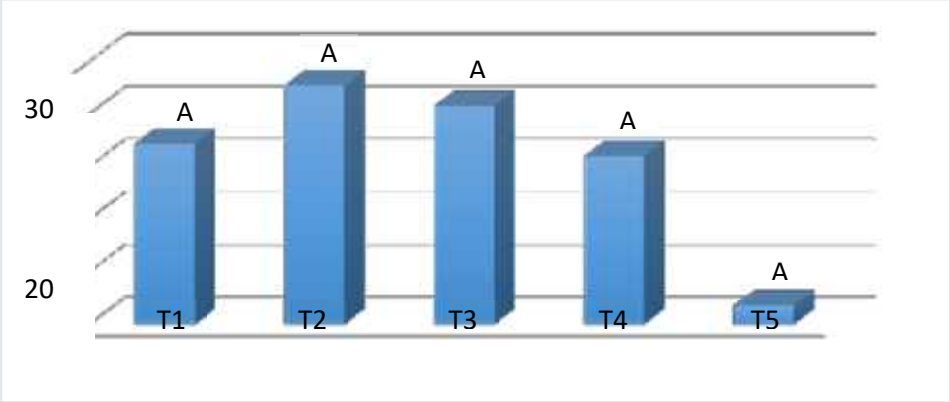


Figura 2. Promedio de vainas por árbol.

Figura 3. Sulfato de amonio.

Figura 4. Nitrato de potasio.

Figura 5. Agromil-Plus.

Figura 6. Super foli-Plus.

Figura 7. Testigo.

Conclusiones

Los promotores de floración si lograron romper el periodo de letargo en las yemas de guamúchil, lo que favoreció la cosecha antes de tiempo con respecto al testigo, ya que presentó su floración de manera normal. Los promotores de floración edáficos y foliares se comportaron de la misma manera, logrando la inducción floral.

Agradecimientos

Se agradece al Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGro), por el apoyo otorgado para realizar el presente trabajo.

Referencias

Anónimo. 2003. Edición internet: //www.Semarnat.gob/guamúchil/Pithecelobium dulce ucnet.com.mx/davincix/mesa.

Arancibia, M.C.M. 2013. Estado nutrimental de los campos experimentales del CEP-CSAEGro. Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios Profesionales del Estado de Guerrero. Cocula, Guerrero, México.

Ayala, I. 1999. Etnobotánica fuente de evidencias de la resistencia cultural en Tejalpa, municipio de Jiutepec, Morelos. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos. p 55.

Ferrari, F.D.; Sergent, A.E. 1994a. Promoción de la floración y fructificación del mango (Mangifera indica L.) cv. Haden, con nitrato de potasio. Obtenido de la red: http://www.redpav-fpolar.info (Consultado el 17 de mayo).

Herrera, H.L.G. y Lorenzana, H.G. 1994. Aplicación de SAS, Statical Analisis System a los métodos estadísticos. Apoyo estadístico N° 3. Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca. Centro de Investigación y Graduados Agropecuarios. México, D. F. 102 pp.

Mosqueda, V.R. 1989. Sistemas de producción forzada en frutales tropicales: revisión de mango y piña. En: Simposium de Producción Forzada de Frutales. Centro de Fruticultura, C. P., Chapingo, México. pp: 20-27.

Reyes, V.C. 1992. Efecto de la fertilización al suelo y la aplicación de promotores de la floración sobre el rendimiento del fruto de mango *Manguifera indica* L. Var. Manila. Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios Profesionales del Estado de Guerrero. Cocula, Guerrero, México.

LOS AGROSISTEMAS DE CONSERVACIÓN UTILIZANDO EL MULTIARADO EN EL CULTIVO DEL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*) VARIEDAD PINTO SALTILLO

Avila-Cisneros, R.[1]*; Rocha-Valdez, J.L.[2]; González-Torres, A.[3]; González-Avalos, R.[4] y Rodríguez-Dimas, N[5].

[1,2,3,4,5]**Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Unidad Laguna. Torreón, Coahuila. México.**
*raavci2003@yahoo.com.mx; Bahía de las Ballenas No. 712, Colonia Nueva California. Torreón, Coahuila. México. C.P. 27070; Tel. (871) 7-32-29-75

Resumen

El trabajo de investigación que a continuación se presenta se realizó en el verano del 2015 en el campo experimental San Antonio de los Bravos de la UAAAN en Torreón, Coahuila, México. Bajo el sistema de riego por bombeo se establecieron dos superficies de *Phaseolus vulgaris*, con la finalidad de evaluar la variedad de frijol pinto-saltillo en las siguientes modalidades: Condiciones de labranza convencional como testigo y como experimento se estableció la parcela en condiciones de agricultura de conservación bajo la modalidad de labranza con multiarado. Se realizó una comparación de diferencia de grupos por medio de la prueba t de student con un $\alpha = 0.05$; la hipótesis alternativa es que la agricultura de conservación y un método de labranza adecuado genera mayores rendimientos, menores costos de producción y como resultado de esto se logran mejores utilidades para los productores. La verdad concedida a crédito fue aceptada, pues en el análisis estadístico aplicado sí se encontró diferencia significativa entre los grupos evaluados. En lo relacionado con el análisis de carácter económico se realizó una proyección entre el método de labranza con multiarado y el de labranza convencional y se determinó una diferencia de utilidad marginal de $3168.00/ha en la comparación de los dos métodos; esto a favor de la labranza de conservación con multiarado.

Palabras clave
Labranza convencional; agricultura de conservación; multiarado

Introducción

México cuenta en la actualidad con poco más de 119.5 millones de habitantes mismos que día a día son capaces de generar una demanda interna de alimentos de diferentes tipos y variedades con la finalidad de poder sufragar sus necesidades básicas de alimentación con los cuales el organismo es capaz de procesar sus funciones sustantivas necesarias para que el ser humano pueda hacer uso de la energía requerida para llevar a afecto sus actividades diarias (El economista, 2016). Pensando en la responsabilidad moral que tenemos los productores agropecuarios y los investigadores del ramo es necesario seguir aplicando tecnología capaz de incrementar la producción agropecuaria; pero además de eso ser capaces de cuidar nuestros recursos naturales con el objetivo de poder llegar en el mediano plazo a una sustentabilidad en la producción de los satisfactores que diariamente consumimos en la comunidad global en la que nos desarrollamos hoy en día. Bajo esta óptica se presenta una investigación relacionada con el cultivo del frijol de riego misma que busca conocer su comportamiento bajo la agricultura de conservación pues esta es un tipo de agricultura capaz de disminuir costos e incrementar los rendimientos que les puede ser de utilidad a los productores del sector social. El frijol (*Phaseolus vulgaris*), es una planta originaria de América tropical y subtropical, su uso con características domésticas, según los restos más antiguos data de hace 5 mil años, aproximadamente (Fanghanel-H, 1997). El frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) es un alimento básico en la dieta del mexicano, además de ser consumido como semilla seca, la vaina se aprovecha como verdura, la cual aporta a la dieta del ser humano vitaminas y minerales que éste no sintetiza (Garduño–Gonzales *et al*., 2009). Cultivado desde hace 8 mil años, el frijol es una semilla comestible de la familia de las leguminosas, originaria de América. Nuestro país es considerado como uno de los centros de origen de diversos tipos de frijol, siendo el principal el *Phaseolus vulgaris*. Lépiz *et al*. (2015) mencionan

que en México el frijol ocupa el segundo lugar por superficie cosechada, solo después del maíz. En los últimos 12 años, la información estadística registra una producción nacional de 1.12 millones de t en promedio anual aún a pesar de que el consumo per cápita del frijol ha mostrado una reducción en la última década ubicándonos actualmente en 10 kg consumidos por persona en cada año. El frijol pues tiene una gran importancia social porque de acuerdo a cifras oficiales existen 570 mil productores que generan 76 millones de jornales que equivalen a 382 mil empleos permanentes en México. En el estado de Chihuahua existen 22,380 productores de frijol, el cual se establece en diversas áreas de la entidad (Jiménez-G. y Acosta-G., 2013). Así pues, primero por la importancia social y económica de ésta leguminosa para México y otras partes del mundo y en segundo por el tiempo transcurrido que éste cultivo tiene de ser explotado; es necesario continuar en la búsqueda de sistemas de producción que armonicen la producción sustentable de alimentos acompañados de la disminución en los costos de producción. Desde esta perspectiva, la agricultura de conservación viene abriendo un espacio de discusión en una alternativa más para seguir dándole viabilidad a la conservación de uno de los recursos más importantes para la agricultura como lo son nuestros suelos. Con estos argumentos podemos mencionar que las experiencias de diferentes centros de investigación de México y del extranjero mencionan que "la agricultura de conservación o agricultura con residuos describe las prácticas en las cuales la retención de residuos es el objetivo primario, pero que puede posiblemente traer consigo otros beneficios como: incremento de la materia orgánica, incremento del nitrógeno del suelo, preservación de la estructura del suelo, mejorar la infiltración del agua en el suelo y disminuir los costos de producción" (Baker-C. y Jaxton-K., 2008). Además, la utilización dela terminología de agricultura de conservación va muy relacionada con la labranza de conservación; Navarro-B. *et al*. (2012) mencionan que la labranza de conservación es un sistema de laboreo que efectúa la siembra sobre una superficie del suelo cubierta con residuos del cultivo anterior, con lo cual se conserva la humedad y se reduce la pérdida del suelo causada por la lluvia y el viento en suelos agrícolas con riesgo de erosión. Con esta práctica agrícola se incrementa la capacidad productiva del suelo, se aumentan los rendimientos y se reduce los costos de producción y algunas ventajas de la labranza de conservación son: conserva la humedad y reduce la erosión del suelo, mejora el desarrollo de la raíces de los cultivos, puesto que se reincorporan los residuos de cosecha hay una alta relación de carbono/nitrógeno y un alto contenido de lignina por lo que si el cultivo anterior fue maíz; para fertilizar un cultivo de frijol solo se requiere en promedio 45.5 kg de nitrógeno/ha. La tecnología para la producción de frijol con riego por goteo y labranza de conservación según experimentos del 2001 al 2003 de la Universidad Autónoma de Querétaro indican que se han alcanzado hasta 4.6 t/ha es decir; para el caso del frijol con fertirriego por goteo y labranza de conservación los rendimientos han sido mayores en más de un 25% en comparación con el riego tradicional (Mora-G., 2004).

Materiales y Métodos

Planteamiento del problema: La producción de leguminosas bajo el sistema convencional desaprovecha los residuos de los cultivos anteriores como una forma de disminuir los costos al labrar y fertilizar los suelos modificando en cada ciclo de cosecha sus propiedades físicas y químicas.
Objetivos: Efectuar una investigación que nos permita mediante un análisis estadístico–económico determinar si con el sistema de agricultura de conservación se logran mayores volúmenes y menores costos en la producción del frijol.
Hipótesis: La agricultura de conservación y el sistema de labranza con multiarado incrementan la producción de frijol y disminuye sus costos de producción.
El 04 de Septiembre del 2015 se sembraron 2 áreas; cada una del cultivo básico frijol (*Phaseolus vulgaris*) variedad pinto saltillo en el campo experimental San Antonio de los Bravos de la UAAAN, Unidad Laguna ubicada en Torreón, Coahuila, México. La densidad de siembra fue de 12 a 14 semillas/m² con la finalidad de investigar su comportamiento bajo dos métodos de labranza. La parcela del experimento fue labrada con el implemento llamado multiarado y en su superficie se dejaron los esquilmos del cultivo anterior (maíz) dejando aproximadamente 20 cm de caña y todo el sistema radicular. La parcela control fue labrada bajo el sistema convencional que consiste en arar y barbechar como la forma común de preparar el terreno para el riego y la siembra; en esta superficie no existía cultivo anterior. De cada una de las áreas sembradas se tomaron 39 plantas al azar con la finalidad de medir su producción de grano. Aplicando estadística descriptiva y con el apoyo del software libre calculator.tutorvista.com se realizó una comparación de medias de producción de grano de los grupos representados por la población aleatoria que se menciona renglones arriba como instrumento de

validación se utilizó la t de student con un α = 0.05. Para el análisis de la utilidad marginal nos apoyamos en la metodología de Palencia-G. (2012), la cual toma en cuenta los costos, los ingresos; y por supuesto una utilidad antes de impuestos. En ambos métodos de labranza se aplicó el riego de pre siembra el 27 de Agosto de 2015 y tres riegos de auxilio con intervalos aproximados de un mes; siendo el último de ellos el 13 de Octubre del mismo año. El corte del frijol fue el 10 de Diciembre del mismo año de la siembra.

Resultados y Discusión

Como se puede observar en el cuadro 1; la producción promedio de grano por planta en la parcela tratada bajo agricultura de conservación y labranza con multiarado fue de 13.3 g/planta. Mientras que la parcela tratada bajo agricultura convencional fue de 10.97 g/planta.

Cuadro 1. Presentación y análisis estadístico de la producción de las 2 parcelas experimentales.

Datos estadísticos de la producción de frijol del experimento	Datos estadísticos de la producción de frijol del testigo
Media aritmética (M.A.) = 13.3 g/planta	Media aritmética(M.A) = 10.97 g/planta
Desviación estándar (S) = 1.26	Desviación estándar (S) = 1.27
Número de plantas (n) = 39 plantas	Número de plantas (n) = 39

En el cálculo de la t calculada y la t observada tal como lo muestra el cuadro 2; podemos ver que la comparación se inclina hacia la t calculada es decir; hay diferencia significativa entre los grupos de plantas comparadas.

Cuadro 2: Comparación entre tc y to.

Valor de tc	Comparación	Valor de to
8.186	>	1.6652

Relacionado con el análisis económico de costos de producción tal como lo muestra el cuadro 3 hacemos una proyección a partir de las parcelas sembradas que se establecieron en el experimento con una densidad de siembra en altas poblaciones pues como lo indica Osuna-C. *et al*. (2012), para la obtención de altos rendimientos es necesario ajustar el manejo agronómico del cultivo al medio ambiente; para tal efecto se evaluaron densidades de 90, 145 y 260 mil plantas/ha de la variedad de frijol pinto saltillo. La deferencia de costos apreciada en el cuadro fue de $138/ha a favor del sistema de conservación con multiarado.

Cuadro 3: Proyección de costos de producción para el frijol pinto saltillo.

Concepto del costo	Costos desagregados	Labranza convencional	Labranza de conservación con multiarado
Barbecho	10 L diesel ($13.77/L)	$137.70	
Rastreo	10 L diesel	$137.70	
Multiarado	10 L diesel		$137.70
Bulto de semilla	$928.00	$928.00	$928.00
Concepto			
Siembra	10 L diesel	$137.70	$137.70
4 riegos	$180/jornal	$720.00	$720.00
2 jornal de deshierbe	$180/jornal	$360.00	$360.00
1 jornal de corte	$180/jornal	$180.00	$180.00
1 jornal de cosecha	$180/jornal	$180.00	$180.00
Costo total ($/ha)		$2781.1	$2643.4
Diferencia de costos			$137.7/ha

Por lo que respecta a los ingresos proyectados tal como lo muestra el cuadro 4; podemos observar que el sistema de labranza con multiarado generó una entrada de circulante diferenciado del orden de $3030.00 en comparación al método convencional de producción del frijol.

Cuadro 4. Datos de ingreso proyectados para los dos sistemas de producción del frijol.

Proyección para 130 mil plantas/ha	Total kg para 130 mil plantas	Precio kg de frijol	Ingresos $
M.A. Sistema de labranza con multiarado: 13.3 g = 0.0133 kg	1720 kg/ha en altas poblaciones	$10.00/kg en promedio para Coahuila/Durango en 2015	$17 290.00
M.A. Sistema de labranza con multiarado: 10.97 g = 0.01097 kg	1426 kg/ha en altas poblaciones	$10.00/kg en promedio para Coahuila/Durango en 2015	$14 260.00
Diferencia	303 kg		$3 030.00

Además realizando un análisis de utilidad marginal (Palencia-G. op cit.) es decir ingresos/ha menos costos/ha; el sistema de labranza con multiarado nos proporciona una utilidad/ha de cerca de $ 14 786 tal como lo muestra el cuadro 5, mismos que comparados con la utilidad marginal del sistema convencional de labranza nos da un diferencial de $3,168.00.

Cuadro 5. Análisis de utilidad marginal entre los dos sistemas de producción.

Concepto	Ingreso/ha	Costo de producción/ha	Utilidad marginal/ha
Labranza de conservación con multiarado	$17, 290.00	$2,643.40	$14, 646.60
Labranza convencional.	$14 ,260.00	$2,781.10	$11, 478.90
Diferencia en la utilidad marginal	$3,030.00	-$137.70	$3,167.70

Conclusiones

La investigación efectuada en el verano del 2015 para comparar que el sistema de agricultura de conservación acompañado con la labranza que utiliza el implemento llamado multiarado genera mayor rendimiento de producción y menor costo; todo esto comparado con el sistema convencional que aplica el arado de la tierra y su posterior barbecho previo al riego de presiembra con la finalidad de establecer cultivos básicos. Podemos decir que la hipótesis planteada al interior del documento se da por aceptada pues en el análisis estadístico aplicado se dio una diferencia estadística significativa entre la labranza con multiarado y su grupo de plantas analizadas y el grupo de plantas de la labranza convencional. En términos de producción (kg/ha) de frijol; esta diferencia significativa se convirtió en 303 kg a favor de la agricultura de conservación; lo que en utilidad marginal a favor de la misma se reflejó en $3,168.00/ha, lo que nos permite concluir que un buen uso de labores agroecológicas combinado con un trato responsable en el perfil 0-30 del suelo traen beneficios en el corto plazo de carácter económico y en el mediano y largo plazo se le va aportando a la sustentabilidad y al cuidado de nuestros recursos naturales.

Referencias

Baker, C.J. y K.E. Saxton. 2008. Siembra con labranza cero en la agricultura de conservación. Editorial Acribia S.A. Primera edición. Zaragoza, España.

El Economista. 2016. Población de México. Diario de circulación nacional. Consultado el 22 de Marzo de 2016 en http://eleconomista.com.mx

Fanghanel, H. 1997. La producción del frijol en México: diversidad y libre mercado. Enero. Congreso Internacional. Experiencias de Bolsas de Productos agrícolas en Latinoamérica. Culiacán, Sinaloa, México.

Garduño-Gonzales, J., E.J. Morales-Rosales., V. Guadarrama, J.A. Escalante-Estrada. 2009. Biomasa y rendimiento de frijol con potencial ejotero en unicultivo y asociado con girasol. Centro de Estudios avanzados en Fito mejoramiento. Facultad de ciencias agrícolas, UAEMex. Toluca estado de México, México.

Jiménez-G., J.C. y J.A. Acosta-G. 2013. Efecto y correlación de fechas de siembra, fertilización y densidad de siembra en el rendimiento del frijol Pinto Saltillo. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas INIFAP. 4(1). Campo experimental Sierra de Chihuahua. Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

Lépiz, I., P.R.S., Sánchez, A.E., López, J.J., López A., I.E., Chavarín, E., y K.E. Meza V. 2015. El cultivo del frijol en Jalisco, tecnología para altos rendimientos. Primera edición. UA de Guadalajara. ISBN 978-607-8336-60-9 Guadalajara Jalisco México

Mora, G.M. 2004. Guía para producir frijol con fertirriego por goteo y labranza de conservación en Querétaro. INIFAP Campo–Querétaro. Primera edición. ISBN 968-5580-41-3. Querétaro Que. México.

Navarro, B.A., S.B. Figueroa, J.D.M., Sangerman y C.E.S. Osuna. (2012). Propiedades físicas y químicas del suelo bajo labranza de conservación y su relación con el rendimiento de tres cultivos. Revista mexicana de ciencias agrícolas. Edición especial No. 4. Texcoco, Estado de México.

Osuna, C.E.S.; M.L. Reyes, R.J.S.; Padilla y G.M.A. Martínez. 2012. Rendimiento del frijol pinto saltillo en altas densidades de población bajo temporal. Revista mexicana de ciencias agrícolas vol. 3, Año 7. Texcoco, Estado de México.

Palencia G.C.V. 2012. Costos II, capítulo 1.Contribución marginal. FCA-UNAM. México D.F. Consultado el 22 de Marzo de 2016 en: fcasua.contad.unam.mx/apuntes/interiores/docs/2012/contaduría/5/1459.pdf

AJUSTE EN LA DOSIS DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ Y TRIGO EN VERTISOLES CULTIVADOS CON PRÁCTICAS DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN

Báez-Pérez, A.[1*]; Limón-Ortega, A.[2]; Ramírez Barrientos, C.E.[3]; Prado-García A.A[4]; García-Meza, A.[4]

[1]INIFAP-Campo Experimental Bajío. Celaya, Guanajuato, México.
[2]INIFAP-Campo Experimental Valle de México. Santa Lucía de Prías, Estado de México, México.
[3]Instituto Tecnológico del Valle de Morelia. Morelia, Michoacán, México
[4]Instituto Tecnológico de Roque. Celaya, Guanajuato, México

*Autor responsable: baez.aurelio@inifap.gob.mx; km 6.5 de la carr. Celaya-San Miguel de Allende, Col. Roque, Celaya, Guanajuato. CP 38110; Tel. +52(01)-55-387 187 00 ext. 85223.

Resumen

El Bajío es una de las principales zonas agrícolas de México y, entre sus suelos, los vertisoles tienen mayor potencial para la agricultura, pero su deterioro físico-químico ocasionado por las prácticas de agricultura intensiva y la escasa incorporación de materia orgánica, ha causado una disminución drástica de las reservas orgánicas y una fuerte repercusión en la rentabilidad para la producción de granos básicos y otros cultivos. Las prácticas de agricultura de conservación son una opción viable para revertir esta problemática. El propósito del presente estudio fue evaluar el ajuste en las dosis de fertilización nitrogenada para la producción de maíz y trigo en suelos vertisoles con ocho ciclos continuos con prácticas de agricultura de conservación. Se evaluaron cuatro suelos sometidos a prácticas de agricultura de conservación (ocho ciclos continuos de cultivo) con agricultores del valle Morelia-Queréndaro. Se recolectaron muestras de suelo desde el primer ciclo de cultivo a 0-5, 5-15 y 15-30 cm de profundidad. Se evaluaron la acumulación de materia orgánica y nitrógeno total. Después de ocho ciclos de cultivo se evaluó la producción de trigo y maíz en función de dosis crecientes de fertilización nitrogenada. Los resultados mostraron una acumulación de materia orgánica en los primeros 15 cm de profundidad mayor a 4%. La producción de trigo y maíz fue semejante ($p<0.05$) con una disminución en la dosis de fertilización nitrogenada entre 40 y 50% respecto a lo que requieren el cultivo para el potencial de rendimiento de la zona.

Palabras clave
Labranza de conservación; producción de cereales; fertilización.

Introducción

La fertilidad del suelo y la acumulación de reservas orgánicas están determinadas por la interacción compleja de factores climáticos, edáficos, biológicos y de manejo agronómico (Lal, 2004). En los suelos agrícolas, la perturbación ocasionada por las continuas prácticas de labranza (barbecho, rastreo y surcado) implica una constante remoción del suelo y una alteración de sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Ongley, 1997). Además, el retiro de los esquilmos agrícolas y su quema, y la falta de incorporación de abonos orgánicos influyen en el deterioro de la fertilidad de los suelos (Báez-Pérez *et al*., 2011; Grageda-Cabrera *et al*., 2004). Una consecuencia es el empleo de dosis excesivas de fertilizantes químicos para la producción agrícola, lo cual causa contaminación y eleva los costos de producción. Las prácticas de agricultura de conservación fundamentadas en la mínima remoción del suelo, la continua adición de los residuos de cosecha en su superficie y la diversificación de cultivos constituyen una opción viable para solucionar este problema. Lo anterior favorece a mediano plazo la acumulación de carbono y nitrógeno (Gregorich y Carter, 1997), lo que posibilita la disminución en las dosis de fertilización nitrogenada, sin disminuir el potencial de producción en maíz y trigo. El propósito de este estudio fue estudiar las reservas de nitrógeno acumuladas por efecto de las prácticas continuas de agricultura de conservación y la disminución en la dosis de fertilización para la producción de estos cereales.

Materiales y Métodos

Sitio de estudio

El estudio se realizó en cuatro suelos vertisoles sometidos durante ocho ciclos de cultivo continuo al sistema de labranza de conservación en parcelas de agricultores, en el Valle Morelia–Queréndaro. La región se localiza en la porción norte del estado de Michoacán, comprendido dentro de la cuenca del Lago de Cuitzeo. Es la segunda zona productora de granos más importante del estado de Michoacán; sin embargo, 40% de las tierras están desertificadas a causa de la erosión (INEGI, 2007). La región corresponde aproximadamente a la porción meridional de la Cuenca de Cuitzeo situada entre los paralelos 19°59' y 19°30' de latitud N y los meridianos 101°00' y 101°30' de longitud O. Tiene una superficie aproximada de 1, 050 km^2, y ocupa un área importante del Distrito de Riego Morelia–Queréndaro.

Parcelas de estudio

Las parcelas de estudio que comprenden el presente estudio corresponden a suelos Vertisoles (más de 1 m de profundidad) con más de 50% de arcilla y pH entre 7.3 y 7.5. Se implementaron las prácticas de agricultura de conservación a partir del ciclo otoño invierno de 2007-2008. Se adicionó el 100% de los residuos de cosecha de maíz en la superficie del suelo y se comenzó con cultivo de trigo. Durante el ciclo primavera-verano se sembró maíz sobre residuos de trigo. Se adicionaron en la superficie del suelo alrededor de 12 t de residuos de cosecha de maíz y 7 de trigo después de cada ciclo de cultivo, finamente picados y homogéneamente distribuidos.

Evaluación de acumulación de materia orgánica y nitrógeno total

Se evaluó la evolución de las características físico-químicas de los suelos ciclo con ciclo, para lo cual se efectuaron muestreos de suelo de 0-5, 5-15 y 15-30 cm de profundidad. Las muestras se analizaron en laboratorio, donde se evaluó entre otras determinaciones la acumulación de materia orgánica y

nitrógeno total. Para el primero se hizo mediante el método de oxidación húmeda con dicromato de potasio, propuesto por Walkley y Black y la determinación de nitrógeno se efectuó mediante método Kjeldahl, ambos métodos descritos por Jackson (1976).

Ensayos agronómicos

Se establecieron dos experimentos para evaluar la productividad de maíz y trigo con dosis crecientes de fertilizante nitrogenado en los suelos sometidos a ocho ciclos continuos de cultivo con prácticas de agricultura de conservación. Para trigo, los tratamientos fueron 0, 60, 120, 180, 240 y 300 kg nitrógeno ha^{-1}, mientras que para maíz se evaluaron estas mismas dosis y hasta 360 kg nitrógeno ha^{-1}. El diseño experimental correspondió a bloques completos al azar con tres repeticiones. El trigo se estableció en el ciclo otoño-invierno de 2011-2012, el 15 de diciembre sobre camas de 1.6 m de ancho, y el maíz durante el ciclo primavera verano de 2012, el 18 de mayo sobre las mismas camas sembradas a doble hilera. La fuente de fertilización nitrogenada fue urea, la cual se aplicó, el 50% enterrada al costado del cultivo a la siembra. La otra mitad se suministró a los 35 días después de la siembra para trigo y se aplicó un riego, previamente se remarcaron las camas. Para maíz se aplicó a los 40 días después de la siembra y se aplicó riego.

Resultados y Discusión

La acumulación de materia orgánica (MO) en los suelos evaluados, después de varios ciclos de cultivo, con adición de los residuos de cosecha en la superficie del suelo en forma de mantillo y con la mínima remoción del mismo, fue significativa y ésta aumentó en función del tiempo de cultivo. La mayor acumulación ocurrió en los primeros dos estratos: 0-5 y 5-15 cm de profundidad (Figura 1). Se observó una estrecha relación entre la acumulación de materia orgánica y el nitrógeno total (Figura 1).

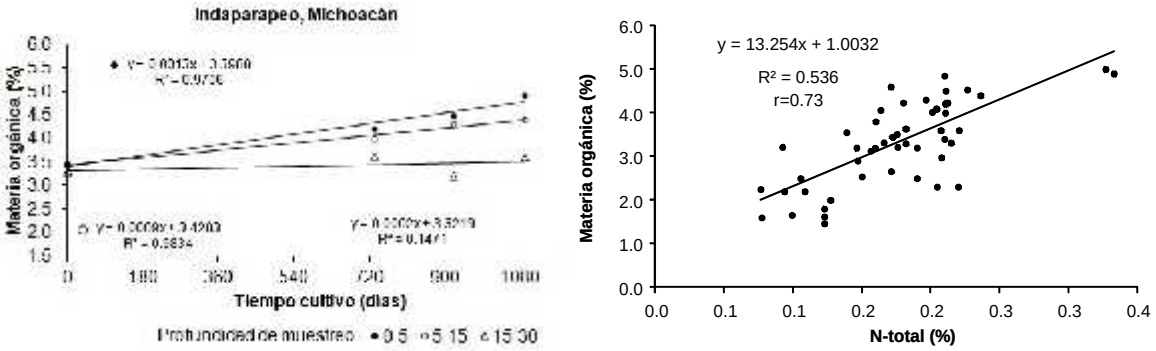


Figura 1. Acumulación de materia orgánica en función del tiempo de cultivo en tres profundidades y relación en materia orgánica y nitrógeno total.

La acumulación de materia orgánica en los suelos, por efecto de las prácticas continuas de agricultura de conservación, implica necesariamente la mineralización del nitrógeno residual a formas inorgánicas aprovechables por los cultivos. Lo anterior posibilita la producción de cereales con menor cantidad de fertilizantes químicos sin comprometer el potencial de rendimiento. Lo anterior se confirmó con resultados de los ensayos agronómicos que se llevaron a cabo después de ocho ciclos continuos con la adición de la totalidad de los residuos de cosecha en la superficie del suelo (finamente picados y homogéneamente distribuidos) y la mínima remoción del suelo. Los rendimientos del ensayo de trigo mostraron que es posible disminuir hasta 50% la dosis de fertilizante químico que habitualmente utilizan los agricultores, mientras que para la producción de maíz esta

disminución podría ser hasta del 40%.

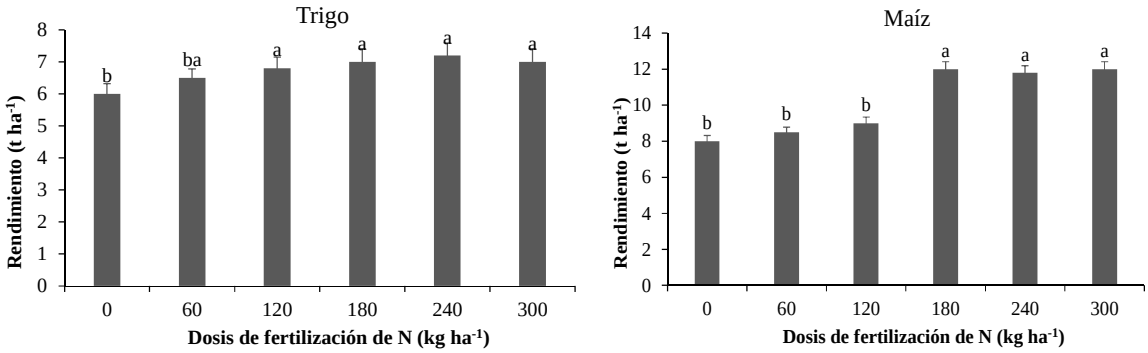


Figura 2. Producción de trigo y maíz en función de dosis crecientes de fertilización.

Conclusiones

Las prácticas de agricultura de conservación aumentan linealmente, después de ocho ciclos continuos de cultivo, las reservas de materia orgánica y nitrógeno total en los suelos vertisoles, principalmente en los primeros 15 cm de profundidad.

Después de acumular en el suelo un porcentaje mayor a 4% de materia orgánica, por efecto de las prácticas de agricultura de conservación, es posible disminuir la dosis de fertilización nitrogenada para la producción de trigo y maíz entre 40 y 50%.

Agradecimientos

A la Fundación Produce Unidad Michoacán por el financiamiento otorgado para el presente estudio. A los productores del valle Morelia-Queréndaro, Salvador Ávila y Ricardo Vega por su liderazgo y cooperación para realizar el presente estudio.

Referencias

Báez-Pérez, A. E. Huerta-Martínez, J. Velázquez-García, y M. A. Bautista-Cruz. 2011. Acumulación y flujo de carbono en vertisoles cultivados en labranza de conservación. In: Estado actual del conocimiento del ciclo del carbono y sus interacciones en México. In: Paz, F., y R. M. Cuevas (eds.). Síntesis a 2011 del Programa Mexicano del Carbono. Instituto Nacional de Ecología. México. D.F. pp: 204-2011.

Grageda-Cabrera, O.A., T. Medina-Cázares, J.L. Aguilar-Acuña, M. Hernández-Martínez, E Solís-Moya, G.A. Aguado-Santacruz y J.J. Peña-Cabriales. 2004. Pérdidas de nitrógeno por emisión de N_2 y N_2O en diferentes sistemas de manejo y con tres fuentes nitrogenadas. Agrociencia 38:625-633.

Gregorich, E. G. and M. R. Carter. 1997. Soil quality for crop production and ecosystem health. Develop. Soil Sci. 25:125-165.

Jackson, M.L. 1976. Análisis químico de suelos. 3a ed. Trad. Al español por José Beltrán Martínez. Omega. Barcelona, España. pp. 282-283.

Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Science 304:1624-1627.

Ongley, E.D. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Estudio de la FAO riego y drenaje. Nº 55. 115 pp.

INCORPORACIÓN DE ABONOS VERDES Y MANEJO AGRONÓMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN DE CHILE ANCHO EN GUANAJUATO

Báez-Pérez, A.[1*]; Serna-Pérez, A.[2]; Arreola-Tostado, J.[1]; García-Meza, G.[3] y Prado-García A.[3]

[1]INIFAP-Campo Experimental Bajío. Ciudad, Celaya, Guanajuato.
[2]INIFAP-Campo Experimental Zacatecas. Calera de Víctor Rosales, Zacatecas.
[3]INIFAP-Intituto Tecnológico de Roque. Celaya, Guanajuato.

*Autor responsable: baez.aurelio@inifap.gob.mx; km 6.5 de la carr. Celaya-San Miguel de Allende, Col. Roque, Celaya, Guanajuato. CP 38110; Tel. +52(01)-55-387 187 00 ext. 85223.

Resumen

La producción de chile ancho (*Capsicum annuum* L.) en el estado de Guanajuato tiene un alto potencial de producción; sin embargo, el deterioro de los suelos, la incidencia de enfermedades, el desconocimiento en cuanto al manejo agronómico, el alza en el costo de los insumos agrícolas y la escasez de agua de riego limitan la productividad. El objetivo del presente estudio fue evaluar, por tres años consecutivos (2012 a 2014) la producción de chile por efecto de cuatro diferentes prácticas de manejo agronómico y cinco dosis de fertilización nitrogenada. Los manejos fueron: tradicional, incorporación de abonos verdes, labranza reducida y rotación chile-maíz. Las dosis de fertilización nitrogenada fueron: 0, 169, 225, 281 y 338. El experimento correspondió a un factorial 4 x 5 con arreglo de bloques completos al azar y cuatro repeticiones. Se evaluaron cuatro cortes por año. Los resultados mostraron que hubo diferencias estadísticas entre los diferentes factores de estudio y entre tratamientos ($p<0.05$). La producción total de chile en fresco, en términos generales, fue más del doble durante 2012 (hasta 12 t ha^{-1}), comparado con 2013. Sin embargo, en 2014 se logró obtener la mayor producción con hasta cerca de 30 t ha^{-1}. La producción de chile en los primeros dos años fue fuertemente afectada por la incidencia de enfermedades, especialmente durante 2013, y alcanzó una incidencia de cerca de 70%. El mejoramiento de la fertilidad del suelo, la fecha de siembra, la incidencia y distribución de las lluvias, así como el manejo agronómico son determinantes para el nivel de producción de esta hortaliza.

Palabras clave

Manejo agronómico; vertisoles; productividad

Introducción

El chile (*Capsicum spp*) es una especie importante en la base de la alimentación de la población de México. Las entidades que destacan en el ámbito nacional, por superficie sembrada y cosechada son: Sinaloa, Chihuahua, Guanajuato, Zacatecas y Sonora. México ha incrementado su producción de Chile paulatinamente al aumentar la superficie cosechada y elevar los rendimientos por unidad de superficie. El chile ancho o poblano, en especial, es una hortaliza que se produce en baja escala en el estado de Guanajuato, comparado con la

producción de otras especies como: brócoli, cebolla y lechuga, para las cuales se dedica una superficie cultivada de 2 a 6 veces mayor respecto a la superficie total destinada a la producción de chiles verdes en el estado (SIAP, 2014). De esta última se estima que 37% corresponde al cultivo de chile jalapeño, 16% chile serrano, 15% chile pimiento o morrón, 11% chilaca y sólo 13% de chile ancho o poblano. Los productores emplean diversos sistemas de producción para el cultivo de esta especie, tanto a nivel de invernadero como a cielo abierto. El uso de acolchado y riego por goteo o fertirriego es poco generalizado. Los principales problemas que limitan la producción de chile en Guanajuato están relacionados con la incidencia de enfermedades y la degradación de los suelos, lo que incrementa significativamente los costos de producción (Báez-Pérez, 2011). Con base en lo anterior es importante la implementación de prácticas de manejo agronómico que conduzcan a limitar la incidencia de enfermedades, aumentar la producción, mejorar la fertilidad del suelo y disminuir costos de producción. En este sentido las prácticas de agricultura de conservación, incorporación de abonos verdes y rotación de cultivos son opciones viables para este propósito (Navarro, 2010). El objetivo del presente trabajo es "evaluar la producción de chile poblano en cuatro diferentes sistemas de cultivo".

Materiales y Métodos

El experimento se estableció en el Campo Experimental Bajío en Celaya, Guanajuato, el cual se localiza a los 20º 3´ de LN y 100º 0´ de LO, a una altitud de 1754 msnm. El clima de la región según García (1884) es BS1hw (W) (e) q. La temperatura media anual es de 20.6 oC y la precipitación media anual es de 597 mm. El tipo de suelo del campo experimental corresponde según la clasificación de la USDA a un *Vértisol Pélico* , el cual es representativo de las áreas de riego en donde se cultivan granos en el Estado de Guanajuato

Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron tres tecnologías de mejoramiento de suelos que fueron: incorporación de abonos verdes, labranza reducida y manejo convencional. La primera consistió en la rotación de cultivos maíz-chile: la incorporación al suelo del cultivo de maíz en verde después de cosechar el elote. La labranza reducida consistió en el mínimo movimiento de suelo. El manejo convencional corresponde al monocultivo de chile que el productor usa comúnmente. Se aplicaron cinco dosis crecientes de fertilizante nitrogenado 0, 169, 225 281 y 338 unidades de nitrógeno ha^{-1}. Cada dosis de fertilización se complementó con 60 unidades de fósforo y 30 de potasio. El experimento se condujo bajo un diseño experimental factorial 4 x 5 con arreglo de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. Se tuvo un total de 15 tratamientos.

Manejo agronómico

Los cultivos de maíz y chile se establecieron en surcos de 1 m de ancho. Se dispuso de riego por goteo. Se sembraron durante 2012, 2013 y 2014 las variedades de chile Duke, Sequoia y Don Matías respectivamente. En la misma secuencia las fechas de trasplante de chile fueron:26 de abril, 8 de mayo y 15 de mayo. Durante los dos primeros años de cultivo no se acolchó (2012 y 2013) y durante 2014 el cultivo se estableció con acolchado.

Resultados y Discusión

El volumen y distribución de las lluvias varío en cada año. Durante 2012 cayeron durante el ciclo de cultivo de chile 260 mm, en el siguiente 380 mm y en el último año 342 mm. Las condiciones climáticas pueden ser determinantes en la incidencia de enfermedades. La producción total de chile también varió en cada año; si embrago, la productividad fue determinada por la incidencia de enfermedades.

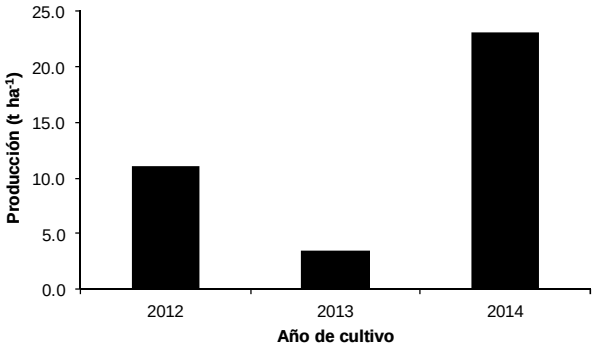


Figura 1. Rendimiento de la producción de chile poblano en verde total de los tres ciclos de cultivo. Campo Experimental Bajío.

La producción de chile en verde por efecto de las dosis crecientes de fertilizantes nitrogenado no mostró ninguna relación, como se esperaría, en ninguno de los tres años de evaluaciones (Figura 1). Durante 2014, donde se tuvo la producción más alta, se observa que ésta fue mayor en el tratamiento con 169 unidades de N, es decir, con el 0.75 de la dosis de fertilización recomendada por el INIFAP. Sin embargo, la producción que se obtuvo en este mismo año en el tratamiento sin fertilización, está cerca de las 25 t ha^{-1}. En términos de la relación beneficio-costo podría ser la mejor opción, ya que no se está invirtiendo en el fertilizante, el cual tiene un costo elevado en el mercado. Esta alta productividad se explica porque el tipo de suelo, que corresponde a un *Vertisol*, tiene un alto potencial para la agricultura, aunado a la disponibilidad de agua. El suelo contenía un mediano contenido de materia orgánica y el acolchado proporcionó condiciones de temperatura más alta en el suelo, que aunada a la disponibilidad de humedad acelera la actividad biológica del suelo y ´por lo tanto la mineralización de la materia orgánica, lo cual trae como consecuencia la transformación del N-orgánico del suelo a formas inorgánica disponibles para las plantas.

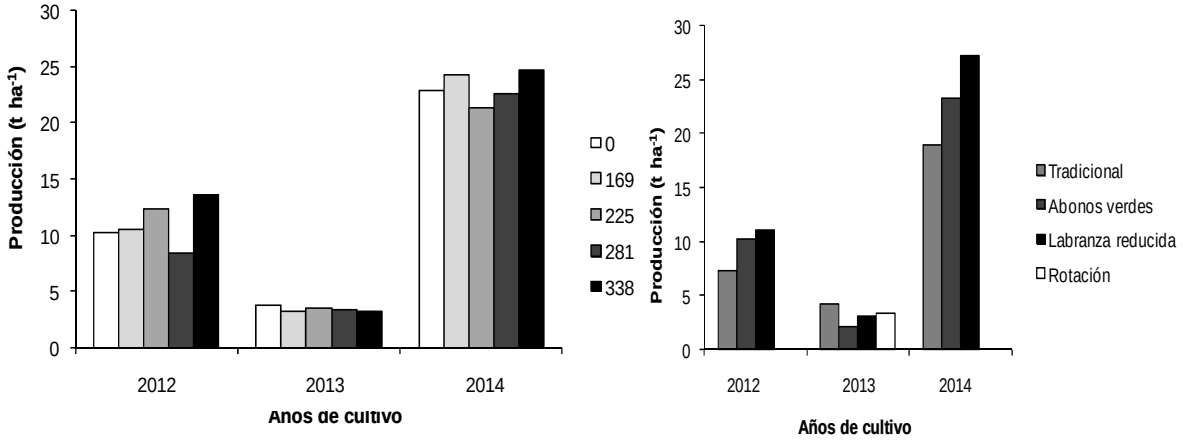


Figura 1. Producción de chile ancho en fresco por efecto de dosis crecientes de fertilización nitrogenada y por efecto del manejo agronómico. Campo Experimental Bajío.

La producción de chile en función del sistema de cultivo presentó diferencias significativas durante 2014 (Figura 2). La labranza reducida tuvo un rendimiento 23% mayor respecto a la incorporación de abonos verdes y 44% respecto al manejo tradicional. Estos sistemas de manejo agronómico inciden sobre el mejoramiento de la fertilidad del suelo, por lo cual para el cultivo fue posible expresar un mayor rendimiento con respecto al manejo tradicional que practican los agricultores. La alta incidencia de enfermedades que se presentaron durante 2013 limitó significativamente la producción del cultivo. El uso del acolchado, en el último año de evaluaciones, potencializó la productividad de chile. Estos resultados muestran que el estado de Guanajuato tiene un alto potencial para la producción de chile. Actualmente el estado contribuye sólo con 2.8% de la producción nacional (SIAP, 2010). El control en la incidencia de enfermedades es crítico para aumentar la productividad (Jasso-Chavarría y.Martínez-Gamiño, 2003).

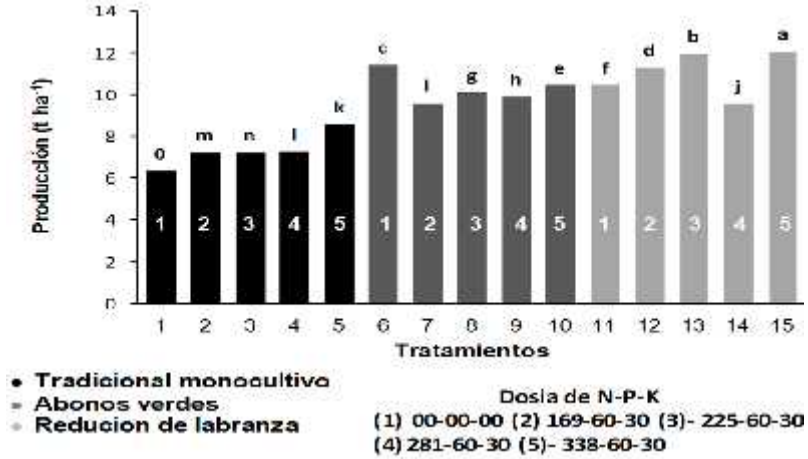


Figura 2. Resultados de producción de chile ancho durante la evaluación de 2012.

En 2012 se estableció por primera vez el cultivo de chile, por lo tanto, los tratamientos de abonos verdes y labranza reducida no existen, por lo tanto, los efectos observados en este año se deben a efectos aleatorios. La producción máxima fue de 12 t ha^{-1}, este nivel rendimiento de chile ancho en fresco es bajo si se considera que bajo estas condiciones mismas condiciones el potencial de rendimiento que se tiene registrado es 20 t ha^{-1} Santoyo-Juárez (2008). Durante 2013 la producción

de chile se abatió por la incidencia de enfermedades y ésta fue entre 2 y tres veces menor respecto a lo que se obtuvo el año anterior. La producción de chile en verde durante 2014 fluctúo entre 14 y 30 t ha^{-1}, en promedio. Estos rendimientos fueron entre 2 y 6 veces mayores respecto a lo que se obtuvo en los dos años anteriores. Esta alta productividad se debió, en parte, al control que se logró tener sobre la incidencia de enfermedades. El acolchado proporcionó también condiciones favorables para el desarrollo de los cultivos. Al respecto Liakatas *et al*. (1986) menciona que el acolchado Incrementa la temperatura del suelo en los primeros 5 cm de profundidad en entre 3 y 6 ◦C. Lo anterior se refleja en un mejor desarrollo de la planta e incremento en el rendimiento. El acolchado plástico, tiene muchas ventajas para los cultivos, tales como: ahorro de agua y un cierto control de plagas, enfermedades y malezas.

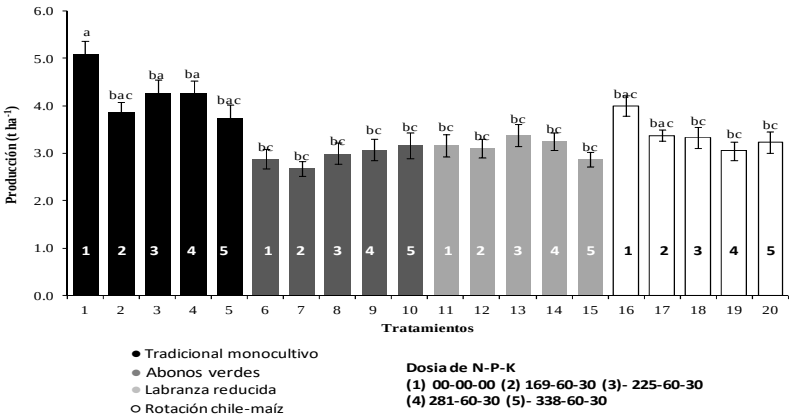


Figura 4. Resultados de producción de chile ancho durante la evaluación de 2012.

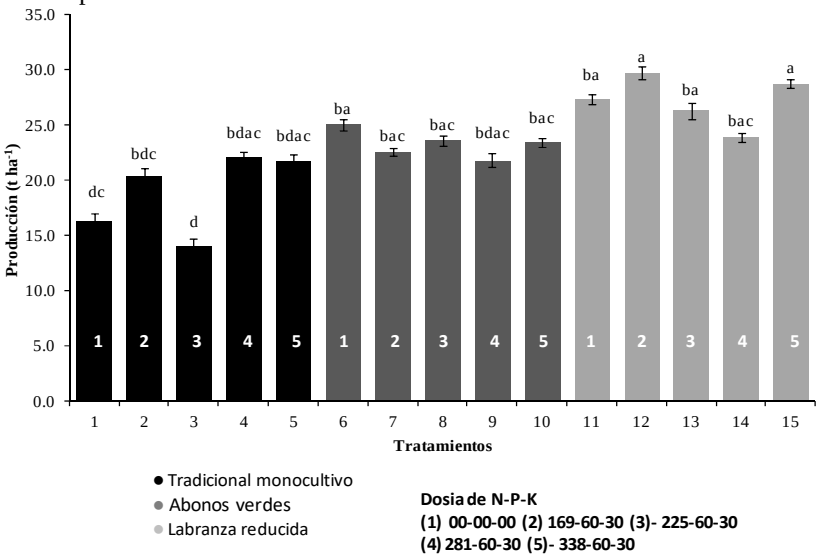


Figura 3. Resultados de producción de chile ancho durante la evaluación de 2012.

Conclusiones

La incorporación de abonos verdes aumentó significativamente el contenido de materia orgánica del suelo y también la producción de chile respecto al manejo tradicional. Sin embargo, su nivel de producción fue inferior al que se obtuvo sistema de cultivo de labranza reducida. Se comprueba la hipótesis en cuanto a que la incorporación de abonos verdes procedentes de maíz incrementa en los

suelos agrícolas la materia orgánica y la producción de chile.

El nivel de producción estuvo más en función del sistema de cultivo y el manejo agronómico y muy poco en función de las dosis crecientes de fertilización nitrogenada. Se rechaza la hipótesis en cuanto a que la Dosis de fertilización recomendada por el Campo Experimental Bajío, que corresponde a 225-60-30 de N-P-K, es la más adecuada para la producción de chile ancho en condiciones de campo en los suelos vertisoles del estado de Guanajuato.

Agradecimientos

Al INIFAP y al proyecto: "Mejora de la nutrición del cultivo, productividad del agua y sanidad del suelo en la producción de chile seco", por el financiamiento otorgado para el presente estudio.

Referencias

Báez-Pérez, A. E. Huerta-Martínez, J. Velázquez-García, y M. A. Bautista-Cruz. 2011. Acumulación y flujo de carbono en vertisoles cultivados en labranza de conservación. In: Estado actual del conocimiento del ciclo del carbono y sus interacciones en México. In: Paz, F., y R. M. Cuevas (eds.). Síntesis a 2011 del Programa Mexicano del Carbono. Instituto Nacional de Ecología. México. D.F. pp: 204-2011.

Jasso-Chavarría, C. y M.A. Martínez-Gamiño. 2003. Guía para producción de chile ancho con fertirriego y acolchado plástico en el altiplano de San Luis Potosí. Folleto Para productores no. 38. INIFAP-Centro de Investigación Regional del Noreste, Campo Experimental Palma de la Cruz. S.L.P. pp. 14-15.

Navarro, B. A. 2010. Labranza de conservación. Ficha técnica no 5. SISACOP Colegio de Posgraduados 56230 Montecillo, Estado de México. 1-8 pp.

Liakatas, A., clark, J. A., Montieth, J. L. 1986. Measurements of the heat balance under plastic mulches. Part I. Radiation balance and soil heat flux. Agr. For. Meteorol. 36: 227-239.

SIAP. 2010. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Un panorama del cultivo del chile.Disponible en: http:// www.siap.gob.mx/images/stories/.../100705-monografia-chile.pdf.

Santoyo-Juárez, J. 2008. Manual para el manejo integral del cultivo de chile en el sur de Sinaloa. . Fundación Produce Sinaloa, A. C. Culiacán, Sinaloa, México, pp. 22-27

EVALUACIÓN DE SUSTRATOS ALTERNATIVOS EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.)

Barrón-Torres, U.[1]; Rodríguez-Ortiz, J.C.[1*]; Alcalá-Jáuregui, J.A.[1]; Hernández-Montoya, A.[1]; Flores-Díaz, P.E.[1]; Carballo-Méndez, F.[2]

[1]Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P. México.
[2]Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de Nuevo León, N. L. México.

*Autor responsable: jcrodort@uaslp.mx; Ejido Palma de la Cruz, Carretera S. L. P. -Matehuala km 14.5, Municipio Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. México; Tel. +52(444)-852-4056

Resumen

Los objetivos del ensayo fueron: 1) caracterizar física y fisicoquímicamente seis mezclas con sustratos alternativos a base de vaina de framboyán (*Delonix regia*) y olote de maíz (*Zea mays*), y 2) evaluarlas en la producción de la plántula de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Los tratamientos fueron: 1) turba 100% marca Lambert (Testigo); 2) framboyán 50% + peat moss 25% + zeolita 25%; 3) olote 50% + peat moss 25% + zeolita 25%; 4) framboyán 25% + olote 25% + peat moss 25% + zeolita 25%; 5) framboyán 70% + peat moss 15% + zeolita 15%; 6) olote 70% + peat moss 15% + zeolita 15%; 7) framboyán 35% + olote 35% + peat moss 15% + zeolita 15%. Los resultados indican que las mezclas con sustratos alternativos fueron similares al testigo en porosidad total, capacidad de aireación, capacidad de retención de agua y pH. Sin embargo, las seis mezclas tuvieron conductividades eléctricas mucho más elevadas (entre 2.49 y 5.43 dS m^{-1}). En el desempeño en la producción de plántula de lechuga, el tratamiento testigo fue muy superior a las mezclas con sustratos alternativos. En las variables de altura de planta, peso seco de la raíz, peso seco de la parte aérea y peso seco total por planta, las diferencias fueron de 25%, 43%, 85% y 75%, respectivamente. En la variable número de hojas los tratamientos 4 y 5 fueron iguales al testigo, y en unidades SPAD sólo el tratamiento 2 fue igual al testigo con 19.23 y 21.73 unidades respectivamente. Consideramos que los materiales base de las mezclas (vaina framboyán y olote) poseen elementos fitotóxicos, que afectaron el crecimiento de las plántulas. Se propone investigar métodos de eliminación de sustancias fitotóxicas en sustratos alternativos para aprovechar su bajo costo y propiedades físicas.

Palabras clave
Framboyán, olote, *Zea mays*, *Delonix regia*.

Introducción

La turba de *Sphagnum* (peat moss) es ampliamente utilizado en México para la producción de plántula de hortalizas. Sus propiedades de absorción del agua y de retención de los elementos nutritivos son esenciales para el crecimiento y desarrollo. Díaz *et al*., (2006) reportaron que solo en el cultivo de brócoli del estado de Guanajuato durante un ciclo (2000-

2001) se utilizaron 29,784 bultos de 3.8 pies cúbicos, equivalente a 6´403,666.5 L de sustrato (6 403 m^3). Los costos ascienden a $ 7 446 000 de pesos, equivalente a $ 647 478.26 dólares. Por su parte Castellanos (2003), menciona que las reservas de las turbas son limitadas y no renovables, y consecuentemente su uso indiscriminado como sustrato para actividades hortícolas puede llegar a provocar un impacto medio ambiental de importancia.

La problemática situación ambiental que vivimos hoy en día obliga a colaborar directamente en su mejora. Por lo que es sumamente importante estudiar la posibilidad de convertir un residuo en un recurso, como lo pueden ser los sustratos. Existe una amplia variedad de residuos que surgen de diversos procesos, ya sean industriales o del mismo campo, como pueden ser escorias de fundición, vidrio, estériles de carbón, paja de maíz, paja de trigo, aserrín, cortezas de árbol, residuos urbanos, etc. Para su reuso se habrá de hacer un adecuado estudio de sus propiedades ya sean solos o en mezcla. Los sustratos alternativos, al ser un subproducto de una actividad económica, se pueden disminuir los costos por la compra de sustratos comerciales, ya sea mezclándolos o solos.

Ante tal escenario se realizó el presente trabajo con la intención de colaborar en el desarrollo sustentable del sector agrícola en México tratando de ofrecer una alternativa tecnológica al uso de la turba (peat moss). Los objetivos fueron: 1) caracterizar física y químicamente seis mezclas de sustratos alternativos a base de vaina de framboyán (*Delonix regia*) y olote de maíz (*Zea mays*), y 2) evaluar seis mezclas de sustratos alternativos en la producción de la plántula de lechuga (*Lactuca sativa* L.).

Materiales y Métodos

Los sustratos alternativos elegidos fueron la vaina de framboyán (*Delonix regia*) y olote de maíz (*Zea mays*). Se seleccionaron estos materiales principalmente por su carácter de poder ser colectado de manera fácil y sencilla, con un costo mínimo por su recolección, disponible, sustentables y al observar que al ser triturados en granos de aproximadamente 2 mm presentaban al tacto y vista una consistencia y cuerpo similar a otros sustratos convencionales como la vermiculita. Una vez secados los materiales al sol, se trituraron los materiales en un molino marca Nogueira, y se utilizó una malla de 2 mm. Posteriormente se sometieron a un lavado con una solución de ácido bórico y bórax al 0.6%, más un lavado con una solución de NaOH a una concentración de 1 %, al final se realizó lavado de agua caliente a 80° C por 30 minutos.

Las seis mezclas que se prepararon con los sustratos alternativos fueron la vaina de framboyán y olote con sustratos convencionales turba y perlita. Considerando al peat moss como testigo, se tuvieron los siguientes tratamientos experimentales: 1) turba 100% marca Lambert (Testigo); 2) framboyán 50% + peat moss 25% + zeolita 25%; 3) olote 50% + peat moss 25% + zeolita 25%; 4) framboyán 25% + olote 25% + peat moss 25% + zeolita 25%; 5) framboyán 70% + peat moss 15% + zeolita 15%; 6) olote 70% + peat moss 15% + zeolita 15%; 7) framboyán 35% + olote 35% + peat moss 15% + zeolita 15%.

Para la caracterización física de las mezclas de sustratos se recurrió a la metodología descrita por Castellanos (2008), que determina: espacio poroso total, capacidad de aeración y capacidad de retención de agua. La caracterización físico-química consistió en la medición de pH (potenciómetro) y conductividad eléctrica (conductímetro) del extracto de saturación

de cada mezcla de sustrato. Para la clasificación de los valores obtenidos de las propiedades evaluadas, se tomó como referencia a Abad (1993).

Una segunda fase o fase de invernadero (producción de plántula de lechuga) se realizó en un invernadero de productor cooperante, ubicado en la delegación de pozos, San Luis Potosí. Para la siembra se utilizaron charolas de poliestireno de 338 cavidades, cada charola se dividió en tres para ubicar tres tratamientos, por lo que se usaron dos charolas para distribuir los seis tratamientos alternativos (112 alveolos por tratamiento, una repetición), el tratamiento testigo se consideró a las charolas completas que sembró con turba el productor. Se sembraron las semillas de lechuga de la variedad "Montemar" de la empresa de semillas Seminis® mecánicamente. Se fertilizó por igual con dos aplicaciones semanales de 0.25 g de fosfato monoamónico y una aplicación semanal de 0.20 g de magicroot, por charola. El diseño experimental fue en bloques al azar con tres repeticiones (seis charolas en total con 2028 plántulas).

A los 30 días después de sembrada el cultivo, se procedió a realizar la evaluación tomando las siguientes variables: a) altura de plántula; b) número de hojas; 3) unidades SPAD; 4) peso seco raíz; 5) peso seco parte aérea; 6) peso seco total. Se realizó el análisis de varianza para todas las variables. Al encontrar diferencias significativas, procedimos a realizar la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). El software que se usó fue el de diseños experimentales FAUANL (Olivares, 2012).

Resultados y Discusión

Los resultados indican que las mezclas con sustratos alternativos fueron similares al testigo en porosidad total, capacidad de aireación, capacidad de retención de agua y pH. Sin embargo, las seis mezclas tuvieron conductividades eléctricas mucho más elevadas (entre 2.49 y 5.43 dS m^{-1}) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resultados de las propiedades físicas y fisicoquímicas de los tratamientos.

Tratamiento	Porosidad total (%)	Capacidad de aireación (%)	Capacidad de retención de agua (%)	pH	Conductividad eléctrica (dS m^{-1})
1	80	15	65	6.36	0.58
2	80	5	75	6.10	2.49
3	80	13	67	5.46	4.78
4	80	13	67	5.37	4.76
5	79	11	68	5.53	4.93
6	80	15	65	5.34	5.43
7	80	11	69	5.15	5.27
Valor de Referencia (Abad (1993).	85	20-30	55-70	5.5.-6	<1.5

En el desempeño en la producción de plántula de lechuga, el tratamiento testigo fue muy superior a las mezclas con sustratos alternativos. En las variables de altura de planta, peso

seco de la raíz, peso seco de la parte aérea y peso seco total por planta, las diferencias fueron de 25, 43, 85 y 75%, respectivamente. En la variable número de hojas, los tratamientos 4 y 5 fueron iguales al testigo, y en unidades SPAD sólo el tratamiento 2 fue igual al testigo con 19.23 y 21.73 unidades respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Resultados de la evaluación agronómica de las mezclas de sustratos alternativos y peat moss.

Tratamiento	Altura de planta (cm)	Número de hojas	Unidades SPAD	Peso seco de raíz (mg)	Peso seco parte aérea (mg)	Peso seco total (mg)
1	14 a	4 a	21.73 a	45 a	230 a	280 a
2	8 b	3.5 b	19.23 ab	34 ab	33 b	70 b
3	6.8 c	3.4 b	17.3 bc	17 d	16 b	35 d
4	6.8 c	4 a	18.11 bc	22 cd	26 b	43 bcd
5	6.3 cd	3.8 ab	18.23 bc	29 bc	30 b	69 bc
6	6.2 cd	3.4 b	16.23 c	29 bc	18 b	48 cd
7	5.5 ed	3.5 b	16.71 bc	25 cd	26 b	54 bcd

Medias con las mismas letras dentro de columnas, no presentan diferencias significativas (Tukey, 0.05).

Como discusión podemos comentar que la variable de altura de planta y las relacionadas a la biomasa (pesos secos raíz, parte aérea y total) marcan la gran diferencia entre el tratamiento testigo (peat moss) con las mezclas alternativas, pues en las propiedades físicas, pH y las variables agronómicas número de hojas y unidades SPAD no fueron tan marcadas las diferencias. Este último parámetro nos da una estimación de la nutrición de la planta, al menos en el elemento determinante como es el nitrógeno. Si además a esto se agrega que las plantas se fertilizaron por igual durante todo el proceso y el color en general, a la vista, fue igual a todos los tratamientos, nos hace suponer que las plántulas fueron intoxicadas por alguna o algunas sustancias fitotóxicas. Dos posibles causas fueron estudiadas con la intención de ofrecer una explicación más real de lo sucedido a manera de que se tomen en cuenta en futuros estudios. Estas fueron, presencia de origen de taninos de la vaina de framboyán y residuos de boro del tratamiento de las vainas.

En la posible primera causa, se encontró que los taninos son considerados compuestos alelopáticos más comunes junto con los ácidos fenólicos, terpenos y alcaloides. La alelopatía es la producción de un compuesto por una planta, que cuando es liberada al ambiente, tiene un impacto estimulante o inhibitorio sobre otros organismos (Azcón y Bieto, 2008). Por lo tanto, se procedió a realizar una prueba rápida de determinación cualitativa de taninos bajo el procedimiento de Price, et. al., (1978), que consistió en pesar 0.7 g de muestra y se colocó en un matraz; se agregaron 200 mL de solución de ferrocianuro de potasio 0.004 M y se agitó; se agregaron luego 15 mL de la solución de cloruro cloruro férrico 0.008 M en ácido clorhídrico 0.008 M y se observaron los cambios de coloración teniendo en cuenta una tabla colorimétrica. Los resultados mostraron que las muestras contenían alto contenidos de taninos, siendo una posible causa de las tallas pequeñas obtenidas. Los taninos son

compuestos polifenólicos de las plantas, su característica principal es la de bloquear y precipitar las proteínas influyendo así sobre el valor nutricional de muchos alimentos consumidos por humanos o animales. Las plantas desarrollan este tipo de compuestos como mecanismos de defensa contra predatores y patógenos.

En cuanto a la posibilidad de la intoxicación por efecto del boro residual del tratamiento de las vainas, se procedió a investigar bibliográficamente y se encontró que los síntomas de un exceso de boro en las plantas es la descoloración y eventual muerte de los márgenes de las hojas, lo cual no corresponde a lo mostrado por las plántulas, dejando como la más probable causa, de intoxicación por taninos.

Conclusiones

Las mezclas con sustratos alternativos fueron similares al testigo en porosidad total, capacidad de aireación, capacidad de retención de agua y pH. Sin embargo, las seis mezclas tuvieron conductividades eléctricas mucho más elevadas (entre 2.49 y 5.43 dS m^{-1}). En el desempeño en la producción de plántula de lechuga, el tratamiento testigo fue muy superior a las mezclas con sustratos alternativos. En las variables de altura de planta, peso seco de la raíz, peso seco de la parte aérea y peso seco total por planta, las diferencias fueron de 25%, 43%, 85% y 75%, respectivamente. En la variable número de hojas los tratamientos 4 y 5 fueron iguales al testigo, y en unidades SPAD sólo el tratamiento 2 fue igual al testigo con 19.23 y 21.73 unidades respectivamente.

Referencias

Abad, M. 1993. Sustratos para el Cultivo en Suelo: Inventario y Características. *In*: Curso Superior de Especialización sobre Cultivos sin Suelo. F. Canovas y J. R. Díaz (eds.). pp. 63-80.

Azcón Bieto, J. y Talón, M. 2008. Introducción al metabolismo secundario. In: Fundamentos de fisiología vegetal. 2ª. Edición. Editorial McGrawHill. pp. 323-348.

Castellanos, 2003. Los Sustratos en la Producción Hortícola bajo Invernadero. In: Memorias del Curso Internacional de Producción de Hortalizas en Invernadero. Eds. Castellanos, J. Z. y Muñoz, R. J. J. INIFAP. Celaya, Guanajuato, México.

Castellanos, J. Z. y P. Vargas. 2008. Los Sustratos en la Horticultura Protegida. In: Manual de Producción de Tomate en Invernadero. Editor Castellanos, J. Z. INTAGRI. México. pp. 55- 72.

Díaz Serrano, F. R., P. Sánchez García, M. Sandoval Villa, R. Quintero Lizaola, M. Soto Hernández y A. Martínez Garza. 2006. Fenólicos Solubles en Sustratos de Paja de Trigo y su Efecto en Plántulas de Brócoli. Terra Latinoamericana 24: 327-335.

Olivares, S. E. 2012. Paquete de diseños experimentales. FAUANL, Versión 1.1. Facultad de Agronomía Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L., México.

Price, M. L. , VanScoyoc, S. and Butler, L. G. 1978. A ctritical evaluation of vanillin reactions as an assay for tannins in sorghum grain. J. Agr. Food Chem. 26: 1214.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO BAJO SISTEMA DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN, IRRIGADO CON AGUAS RESIDUALES

Callejas–Hernández, J.[1*]; González-García M. G.[1]; Michel-Castro F. J.[1]; Hernández–Barrera, G.[1]; Martínez–Vigueras, H.[1]; Ponce-Lira, B. [1]

[1]Maestría en Ciencias en Desarrollo Agrotecnológico Sustentable, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Francisco I. Madero, Hidalgo, México

*Autor responsable: jcallejas@upfim.edu.mx; Domicilio Conocido SN, Tepatepec, Francisco I Madero, Hidalgo. México. CP 42660; Tel. +52(738)-724-1174.

Resumen

Se analizó el suelo de 4 tratamientos establecidos en la Plataforma MasAgro, ubicada en la Universidad Politécnica Francisco I. Madero al finalizar el ciclo PV 2014. T1: Labranza convencional en plano (Remover todo el rastrojo), T2: Agricultura de Conservación en Camas permanentes angostas (Dejar 50% de rastrojo maíz y 15 cm de avena), T3: Agricultura de Conservación Cero labranza en plano (Dejar 50% de rastrojo maíz y 15 cm de avena, como cobertura) y T4: Labranza convencional en plano (Dejar 100% del rastrojo e incorporarlo). En cada tratamiento se determinó la textura, humedad, densidad aparente, pH, conductividad eléctrica y materia orgánica. En todos los tratamientos se obtuvo una textura Franca, predominando el Franco arcillo arenoso. El tratamiento 2 obtuvo el mayor porcentaje de humedad (16.19 %), y el menor porcentaje fue para el tratamiento 1 con 13.98%. Los tratamientos 1 y 4 presentaron la mayor Da (1.5 g/cm3) lo que indica que están más compactados y T2 obtuvo la mejor Da (1.3 g/cm3). La conductividad eléctrica (CE) fue muy baja en todos los tratamientos, por lo que no se tienen problemas de salinidad. En cuanto al pH, está por arriba de 7.5, lo que indica que son suelos alcalinos.

Palabras clave
Labranza; Agricultura; conservación

Introducción

Existe una gran cantidad de problemas en la población rural y su ambiente, muchos de ellos están relacionados con el manejo de los recursos de aguas y tierras. Los problemas ambientales involucran la degradación de la tierra, la destrucción de los hábitats terrestres y acuáticos, así como la pérdida de biodiversidad, problemática asociada al incremento desmedido de la población humana que se ha dado en los últimos años. Mientras la población continúe creciendo, la disponibilidad de recursos no renovables por persona declinará claramente. Las plantas constituyen la fuente primaria de alimentos para el ser humano y los animales. En el mundo se aplican distintos sistemas de producción agrícola, tales como los sistemas intensivos de cultivos, donde el suelo es frecuentemente considerado sólo como un substrato que proporciona apoyo físico, agua y nutrientes a las plantas, aunque no los suficientes. Una de las estrategias de la labranza intensiva es el suministro de insumos externos para incrementar la fertilidad del suelo y rendimiento de la cosecha. Y como consecuencia de ello se observa contaminación del suelo y agua por el uso excesivo de agroquímicos, así como el incremento

de la erosión. Por el contrario, la labranza de conservación, diferente a los métodos convencionales es presentada como una alternativa de manejo productivo del suelo que promueve la sustentabilidad. Sus principales ventajas son: aumentar el contenido de materia orgánica en la superficie del suelo, coadyuvar a la estabilidad estructural, incrementar la retención de agua y reducir el escurrimiento y producción de sedimentos. Al alcanzar estas mejoras en el suelo se reducen los problemas de erosión, se revierte paulatinamente el declive de la fertilidad de los suelos, con lo que se promueven mejoras en el nivel de vida de la población rural y al mismo tiempo se restaura el ambiente en los países en desarrollo (Gregorich y Carter, 1997; Velázquez *et al.*, 2011). Los beneficios de esta práctica sobre la reducción de la erosión del suelo, reducción del escurrimiento y aumento de la infiltración de agua y el incremento de la materia orgánica, están ampliamente documentados (Astatke *et al*., 2003; Fabrizzi *et al*., 2005; Hemmat y Eskandari, 2006). Para evaluar los efectos de la Agricultura de Conservación (AC), se realizó una caracterización físicoquímica del suelo por cada tratamiento establecido en la Plataforma Experimental AC; ubicada en la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero (UPFIM) al final del ciclo 2015.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en la plataforma experimental de la UPFIM, ubicada en carretera Tepatepec-San Juan Tepa, Km. 2, Francisco I. Madero, Hidalgo, a 20° 13´20.45´´N y 99°5´28.82´´W. El diseño en la parcela consta de cuatro tratamientos completamente al azar con dos repeticiones. El experimento se inició en el año 2012, por lo que los resultados reportados corresponden al tercer año de ser establecido. Dentro de cada tratamiento se manejan camas o surcos de 0.75m de ancho. Por lo que cada tratamiento mantiene un área total de 444 m2 (6 m x 74 m). La plataforma experimental tiene una superficie total de 5920 m2. Para las características estudiadas en suelos se consideraron los tratamientos establecidos en el cuadro 1. El trabajar con AC implica conservar los residuos de la cosecha anterior. Durante el ciclo primavera-verano (PV) se trabaja con maíz y al término de la cosecha se incorpora el 50% de los esquilmos del cultivo para determinados tratamientos, mientras que en el ciclo otoño-invierno (OI) se trabaja con un cultivo forrajero (avena), con la finalidad de promover la rotación de cultivos, al llegar el tiempo de cosecha se considera un corte a 15 cm de altura del tallo del cultivo de avena con la finalidad de incorporar parte de este al suelo, esto se repite anualmente. En este estudio se muestran los resultados para el ciclo 2015, al finalizar la trilla de avena (OI). En la AC se pueden combinar los tipos de labranza cero (no hay remoción del suelo) y remoción mínima del suelo. En el cuadro 1 se muestran los tratamientos aplicados, el manejo de residuos y el tipo de labranza.

Tratamientos	Labranza	Residuos
1. Labranza Convencional en Plano: (LC) Surcos de 75 cm para maíz, cobertura total avena	Tradicional	Sin residuo
2. Agricultura de Conservación en Camas Permanentes angostas (75 cm) (ACC)	Reducida	100% de maíz y 15 cm de avena
3. Agricultura de Conservación en plano: (ACP) Surcos de 75 cm para maíz, cobertura total avena	Cero labranza	100% de maíz y 15 cm avena para cobertura
4. Labranza Convencional en Plano (LCR)	Tradicional	100% Residuo incorporado

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos establecidos en la plataforma experimental de agricultura de conservación, AC. Fuente: MasAgro, 2012

Para la caracterización fisicoquímica del suelo se siguió la metodología descrita en la Norma Oficial Mexicana (NOM-021-SEMARNAT-2000), se evaluó la humedad (AS-05), textura (AS-09), densidad aparente (AS-03), pH (AS-02), CE (AS-18), la materia orgánica (AS-07).

Resultados y Discusión

La calidad de un suelo en el contexto agrícola se refiere a la adecuada transferencia de masa y energía, donde se ven involucradas propiedades como el almacenamiento de agua, la disolución de nutrientes y aire. Esto con la única finalidad de maximizar el desarrollo de los cultivos y disminuir su degradación para mantener la estructura del mismo.

La humedad en el suelo es una de las propiedades más importantes puesto que cumple con diversas funciones; satisface los requerimientos de agua en las plantas, es ella quien permite la disolución de los nutrientes presentes en el suelo y que estos sean absorbidos por las raíces. Además de controlar la fluctuación de la temperatura y volumen de aire en el suelo. En el cuadro 2 se muestran los resultados de humedad para cada tratamiento establecido. El tratamiento de Agricultura de Conservación en Camas Permanentes con labranza reducida (ACCP), presentó la humedad más alta, con 16.19%; comparada con el resto de los tratamientos. Posteriormente le sigue el suelo de Labranza Convencional en Plano con rastrojo incorporado (LCR) con 14.74%, después con 14.45% la de Agricultura de Conservación con Camas Permanentes y cero labranza (ACCP) y por último con 13.98% el suelo con Labranza Convencional (LC). Al realizar el análisis estadístico se encontró que no hay diferencia entre los tratamientos aplicados. Sin embargo, se observó que incluir residuos vegetales (materia orgánica, MO) en el suelo puede mejorar a largo plazo las características físicas del suelo. Al incorporarse sufre una degradación paulatina con la formación de ácidos húmicos, los cuales tienen "sitios" que permiten retener mayor cantidad de agua, mejorando así la humedad del suelo ligeramente esto al compararse con la humedad en LC ya que se encuentra por debajo de los tratamientos con AC, puesto que no existe incorporación de MO en suelo. La capacidad de retención de agua de un suelo además del contenido de MO está relacionada también con la textura del suelo, en este caso dos de los tratamientos (ACCP y ACP) presentan textura Franco Arcilloso Arenoso, este tipo de textura permite mayor permeabilidad respecto al franco-arcilloso dado que tienen menor cantidad de arcillas y mayor proporción de arenas, al incorporar MO a estos suelos se mejora la capacidad de retención de agua, tal es el caso del suelo de ACCP, que presenta mayor humedad (16.19%), dadas las propiedades de las arcillas y además de que están en una proporción adecuada (~23 %, ver cuadro 2) los suelos tienden a retener agua suficiente. Debido a que el agua del suelo se adhiere a las partículas sólidas del mismo, hay una estrecha relación entre la cantidad de agua que son capaces de retener estas partículas y su composición; Jury y colaboradores (1991) reportan que la capacidad de adsorción de agua de la montmorillonita es mayor que la de la ilita y que la de ésta es mayor que la de la caolinita; así mismo, sostienen que se ha observado que las arcillas saturadas con cationes divalentes, retienen más agua que cuando están saturadas con monovalentes, sin embargo en este estudio no se realizó el análisis para la determinación del tipo de arcillas. Otra característica importante es que el agua está disponible para las plantas favoreciendo la asimilación de nutrientes. Al mismo tiempo puede inferirse que el rastrojo incorporado a cada tratamiento va modificando la estructura del suelo a largo plazo permitiendo obtener mayores rendimientos con bajos costos de fertilización, etc., Los otros suelos (LC y LCR) se clasificaron como Franco-Arcilloso, los cuales pueden mejorar sus características físicas al incorporar MO.

	Humedad %	Densidad aparente (g/cm^3)	% Arcilla	% Limo	% Arena	Clasificación
LC	13.98 a	1.50 a	34.28	20.28	45.44	FRANCO- ARCILLOSO
ACCP	16.19 a	1.28 a	23.28	21	55.72	FRANCO- ARCILLOSO-ARENOSO
ACP	14.45 a	1.35 a	22.1	18.46	59.44	FRANCO- ARCILLOSO-ARENOSO
LCR	14.74 a	1.40 a	38.92	23.64	37.44	FRANCO- ARCILLOSO

Cuadro 2. Propiedades físicas en suelos de la plataforma experimental, UPFIM.

Respecto a la Densidad Aparente (Da) en los suelos se observó que no hay diferencia estadística entre ellos de acuerdo a los resultados mostrados en el cuadro 2. Podría decirse que son suelos minerales (1.00 - 1.65 g/cm^3) que pasarán gradualmente a ser suelos orgánicos (< 1.00 g/cm^3), a lo largo de varios años, esto se debe principalmente a la incorporación de residuos o que simplemente se dejan como cubierta del suelo y que paulatinamente mejoraran sus propiedades físicas como la estructura y porosidad. Tal es el caso de la LC donde se trabaja de manera tradicional y que tiene una Da semejante al resto de los tratamientos. Esto de acuerdo a la clasificación por la NOM-021-SEMARNAT-2000.

Tratamiento	pH	CE, $\mu S/cm^2$	MO %
LC	7.65 a	0.401 a	2.01708
ACCP	8.8 b	0.364 a	9.74922
ACP	7.38 a	0.367 a	5.71506
LCR	8.6 b	0.466 a	5.54697

Cuadro 3. Propiedades químicas en suelos de la plataforma experimental, UPFIM.

El pH ideal para suelos se encuentra en un intervalo de 6,6 y 7,3; dentro de la neutralidad de acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2001, siendo una condición adecuada para una mayor asimilación de nutrientes y desarrollo de las plantas. Los resultados mostrados en el cuadro 3 indican que todos los tratamientos están fuera del intervalo y que hay diferencia estadística entre ellos. Todos los suelos son medianamente alcalinos, sin embargo, se espera que las condiciones de manejo contribuyan a la disminución del pH paulatinamente.

Como se sabe la Conductividad Eléctrica, CE es la medida indirecta de la cantidad de sales presentes en el suelo. En todos los casos, la CE está por debajo de los 2 dS/m^2, esto indica que se tiene una salinidad despreciable, es decir, no son suelos salinos, lo que favorece el desarrollo de cualquier cultivo a establecer (López, 2006).

Los resultados en la literatura coinciden al afirmar que el suelo bajo labranza de conservación es un gran almacén de materia orgánica, MO (Almaraz *et al*., 2000), y que los cambios asociados con el incremento de la materia orgánica pueden observarse después de un periodo transcurrido. La materia orgánica se refiere a la cantidad de restos orgánicos que se encuentran alterados, clasificándose en compuestos húmicos y no húmicos. Los no húmicos presentan aún la estructura física del tejido original (animales o vegetales). Los húmicos son resultado final de la transformación de la materia orgánica (65 y el 75%). Cita Para que se lleve a cabo la descomposición de la MO influyen factores como la aireación, humedad, la disponibilidad de nutrientes, la composición de los residuos orgánicos y la temperatura que debe de oscilar entre 25 y 40°C. La incorporación de la MO permite mejorar las

condiciones del suelo al incrementar la presencia de macroporos y microporos (porosidad), mejora la estabilidad de los agregados del suelo reduciendo la susceptibilidad a la escorrentía, la erosión del suelo al disminuir el impacto directo de las gotas de la lluvia evitando su degradación y al mismo tiempo favorece el contenido de nutrientes disponibles para las plantas. Cabe destacar que es todo lo contrario a la agricultura convencional, LC, Los suelos con un alto porcentaje de materia orgánica oscilan entre 1 y 6% mientras que los suelos áridos presentan porcentajes menores al 1%. Los suelos evaluados caerían dentro de esta clasificación ya que se ubican en el Valle del Mezquital. En el cuadro 3 se muestran los resultados para esta propiedad. Por lo que se comprueba que los tratamientos donde se aplica AC (2 y 3), presentan mayor cantidad de MO, siendo ACP con mayor porcentaje (9.7%), nótese que en ACP y ACCP tiende a ser bajo, consideramos que se debe a la remoción del suelo rompiendo parte de su estructura debido a la maquinaria implementada para formar los camellones o surcos. Mientras en la Labranza Convencional es más baja; ya que no se tiene la cultura de reincorporar parte del cultivo anterior al suelo para favorecerlo.

Conclusiones

La Agricultura de Conservación es un sistema de manejo que permite mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo que va a ser reflejado paulatinamente en el rendimiento de los cultivos.
Los suelos analizados presentan textura Migajón arcillo arenosa, la cual le confiere al suelo características como permeabilidad y aireación moderada, apropiados para el desarrollo de las raíces de los cultivos. El suelo con mayor porcentaje de humedad fue el del tratamiento 1 con 16.42%. Los tratamientos 1 y 5 tienen menor densidad aparente lo que los hace ser más porosos, almacenar más agua y permitir un mejor desarrollo de raíces. Ninguno de los tratamientos presenta problemas de salinidad, por lo que no causaran problemas al cultivo en cuanto al movimiento del agua en el suelo y las plantas. El pH de todos los tratamientos anda arriba del 7.4, por lo que se consideran suelos alcalinos.

Agradecimientos

Agradecemos a CIMMYT por el apoyo y financiamiento para el establecimiento de la plataforma experimental de Agricultura de conservación, en la institución.

Referencias

Abdurrahman, H., B. Fatih, M. Fatih and Y. Mustafa. 2004. Reclamation of saline-sodic soils with gypsum and MSW compost. J. Compost Sci. Util. 12: 175-179.

Chaney, D.E., L.E. Drinkwater and G.S. Petty-grove. 1992. Organic Soil Amendments and Fertilizers. Division of Agriculture and Natural Resources Nº 21505. University of California. Oakland, CA, EEUU. 36 pp.

Gharaibeh, M.A., N.I. Eltaif and O.F. Shunnar. 2009. Leaching and recla- mation of calcareous saline-sodic soil by moderately saline and moderate-SAR water using gypsum and calcium chloride. J. Plant Nutr. Soil Sci. 172: 713-719.

Gregorich, E. G. and Carter, M. R. 1997. Soil quality for crop production and ecosystem health. Development in SoilScience 25:125–165

Gupta, R.K., C.P. Singh and I.P. Abrol. 1985. Dissolution of gypsum in alkali soils. Soil Sci. 140: 382-386.

Giese, M., Y.Z. Gao, S. Lin and H. Brueck. 2011. Nitrogen availability in a grazed semi-arid grassland is dominated by seasonal rainfall. Plant Soil 340: 157-167.

Velázquez, G. J. J., F. Bahena J., A. Báez P. y L. E. Fregoso T. 2011

Watson, C.A., D. Atkinson, P. Gosling, L.R. Jackson and F.W. Rayns. 2002. Managing soil fertility in organic farming systems. Soil Use Manag. 18: 239-247.

TIPO DE FERTILIZACIÓN Y EFECTO SOBRE LA SOLUCIÓN DEL SUELO Y LA BIOMASA DE TOMATE

Canales-Almendares J.E.[1]; Morales-Díaz, A.B.[2]; Cabrera-De la Fuente, M.[2]; Narvaez-Ortíz, W.A.[1]; Benavides-Mendoza, A.[1*]

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Horticultura, Saltillo, Coahuila. México.
[2]CINVESTAV Saltillo, Robótica y Manufactura Avanzada, Ramos Arizpe, Coahuila. México.

*Adalberto Benavides Mendoza: abenmen@gmail.com; Calzada Antonio Narro No. 1923, Saltillo, Coahuila 25315 México; Tel. +52(844)4110303

Resumen

La producción de hortalizas en suelo y bajo invernadero requiere de un conocimiento integral del cultivo, es por ello necesario un monitoreo continuo de la nutrición. Considerando la compleja interacción entre la dinámica de los nutrientes de la solución del suelo, las plantas y el suelo mismo se realizó este experimento con el objetivo de estudiar el efecto de la dinámica de la composición química de la solución del suelo sobre la acumulación de la biomasa en el cultivo de tomate. Se usaron plantas bajo invernadero cultivadas en macetas con suelo calcáreo aplicando tres tipos de fertilización; solución nutritiva Steiner, fertilizantes sólidos y té de vermicompost. Se tomaron muestras de la solución del suelo una vez por semana utilizando sondas de succión durante todo el ciclo del cultivo y se complementó con un muestreo de tejido de la planta con el fin de relacionar cuantitativamente las concentraciones de NO_3^-, la conductividad eléctrica (CE) y el pH de la solución del suelo con la composición de los tejidos vegetales. La concentración de NO_3^- aumento con el tiempo, los valores más altos fueron registrados para el tratamiento con Steiner y los fertilizantes sólidos, lo cual coincidió con la acumulación significativa de biomasa para estos tratamientos. En cambio, las bajas concentraciones de nitratos en la composta fueron proporcionales a la menor acumulación de biomasa en este tratamiento. Cuando los valores promedio de NO_3^- y pH (500 mg L^{-1} y pH 7.7) aumentaron en la solución del suelo la acumulación de biomasa fue menor y para la CE de 2621 µS cm^{-1} aumento la dicha acumulación.

Palabras clave
Dinámica de la solución del suelo; sondas de succión; suelo calcáreo, *Solanum lycopersicum* L.

Introducción

El uso de fertilizantes constituye una parte importante de los sistemas de producción agrícola. La disponibilidad de nutrimentos depende de las interacciones entre los componentes del sistema edáfico, el cultivo y el clima (Hernandez *et al*., 2014). El estudio de la solución del suelo (SS) permite un acercamiento significativo al estado real de la disponibilidad de los nutrimentos contenidos en los fertilizantes y liberados por el suelo. La SS es la interface entre la fase sólida del suelo y las células de las raíces que absorben los nutrientes. El estudio de la composición química de la SS puede llevarse a cabo por diferentes técnicas, una de ellas es la colocación de sondas de succión que permiten la toma y cuantificación de la muestra de SS *in situ* (Salas *et al*., 2009).
El estudio del comportamiento dinámico de la SS permite establecer un índice de disponibilidad de

nutrientes minerales, así como su impacto en las características agronómicas del tomate (Granados *et al*., 2013).
Este trabajo se llevó a cabo para evaluar el comportamiento dinámico de la solución del suelo resultante del uso de tres formas de aplicación de fertilizantes y su impacto sobre la biomasa de plantas de tomate.

Materiales y Métodos

La presente investigación se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Utilizando como material experimental plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) hibrido de la variedad Toro, con hábito de crecimiento determinado. El cultivo se estableció en macetas de 12 L en un suelo calcáreo con las siguientes características: textura franca, densidad aparente 1.04 g cm^{-3}, pH 8.08, carbonatos totales 39.8%, N-NO_3^- 23.1 ppm, conductividad eléctrica (CE) 0.90 dS m^{-1} y materia orgánica 0.97%. El agua de riego presentó las siguientes características: pH 8.06, CE 770 µS cm^{-1}, N-NO_3^- 0.08 meq L^{-1}, bicarbonatos 4.52 meq L^{-1}, sulfatos 1.70 meq L^{-1}. El trabajo consistió en evaluar tres tipos de aporte nutrimental al suelo antes mencionado durante el crecimiento del cultivo: Tratamiento 1. Testigo (aporte continuo de una solución nutritiva Steiner mediante el riego); Tratamiento 2. Aporte de nutrientes mediante fertilizantes sólidos, en la misma concentración que en el primer escenario donde los fertilizantes se aplicaban una vez a la semana yTratamiento 3. Aporte orgánico, mediante un té de vermicompost de origen vacuno con una CE de 2000 µS cm^{-1} igualando la CE de la solución Steiner, dicho aporte fue mediante el riego. Su composición nutrimental fue la siguiente (en mg L^{-1}): Ca 96.53, K 440.17, P 9.33, S 154.51, Mg 42.75, Mn < 0.025, Zn 0.046, S 154.51, Fe 0.28, Cu <0.005, B 1.017 y N como $N0_3^-$ 50.
Se llevaron a cabo muestreos semanales de la solución del suelo (tres repeticiones por cada tratamiento), y adicional a esto se realizó un muestreo del tejido vegetal en sus diferentes órganos en la etapa del primer corte a los 90 ddt. A las muestras vegetales obtenidas se les determinó el peso fresco y seco. En la SS se determinó el pH con un potenciómetro de la marco Omega modelo 402173, la CE se determinó con un electrodo de la marca Hanna modelo Hi 98311 y los nitratos de la solución del suelo con un equipo Cardy modelo B743 de la marca Horiba. El arreglo estadístico fue completamente al azar con 30 repeticiones por tratamiento. La unidad experimental fue una planta en una maceta, obteniéndose un total de 90 plantas.
El análisis estadístico se realizó con el software R Para cada una de las variables de la biomasa se realizó un análisis de varianza y la prueba de medias de Fisher. Asímismo se obtuvieron graficas de dispersión de la biomasa contra la dinámica de la CE, pH y NO_3^- de la solución del suelo.

Resultados y Discusión

La cantidad de materia seca y fresca de los diferentes órganos del cultivo de tomate analizados fue significativamente superior en el tratamiento con Steiner ($p<0.05$) a los encontrados en el tratamiento de fertilizante sólido y composta (Cuadro 1).

Tratamiento	PFR	PSR	PFT	PST	PFH	PSH
Steiner	197.00 a	39.44 a	111.73 a	18.36 a	558.03 a	60.55 a
Fertilizante sólido	113.47 b	15.04 b	76.60 a	12.67 a	289.70 b	39.08 ab
Té de vermicomposta	31.87 c	3.25 b	17.97 b	3.27 b	31.83 c	4.95 b

Cuadro 1. Efecto de la fertilización sobre el peso fresco y seco de los diferentes órganos.

PFR=peso fresco raíz; PSR=peso seco raíz; PFT=peso fresco tallo; PST=peso seco tallo; PFH=peso fresco hoja; PSH=peso seco hoja

La Figura 1 muestra los cambios en la CE en la solución del suelo entre los tratamientos, la dinámica de la CE mostro la misma tendencia en los primeros 30 días del cultivo, posteriormente el valor de CE aumento para los tratamientos de Steiner y Sólidos mostrando una diferencia en los valores de la concentración y composición a lo largo del ciclo del cultivo. Yanai *et al.* (1995) encontraron que la dinámica de la CE en 4 diferentes suelos del Japón difieren a través de tiempo, a pesar que se aplicaron las mismas cantidades de fertilizantes a cada suelo. La CE promedio en la solución del suelo tendió a ser superior a la determinada en el suelo.

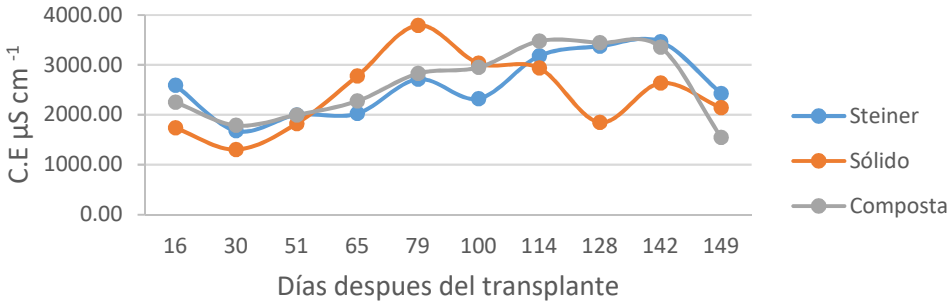


Figura 1. Dinámica de la CE en la solución del suelo durante el ciclo de cultivo bajo diferentes aportes nutrimentales.

La concentración del NO_3^- promedio fue superior en la solución del suelo a la determinada en el suelo (50 mg L^{-1}), la concentracion mas baja de este nutriente se encuentra en el tratamiento con composta, mientras que para los otros dos tratamientos el promedio esta en 500 mg L^{-1} de NO_3^- (Figura 2).
La movilidad del NO_3^- en el suelo constituye uno de los factores en las variaciones presentes en la Figura 2. Este anión se considera muy móvil y, una vez en el suelo, no entra en las reacciones de intercambio que se producen con el complejo adsorbente del suelo, por lo que inmediatamente después de su aplicación estará disponible para las plantas (Hernández *et al*, 2014).
Las concentraciones mas bajas en la solucion del suelo del NO_3^- coinciden con los primeros 100 dias del cultivo, donde se encuentran las bases de mayor crecimiento vegetativo lo cual tienen relación con lo mencionado anteriormente por Hernández *et al.* (2014).

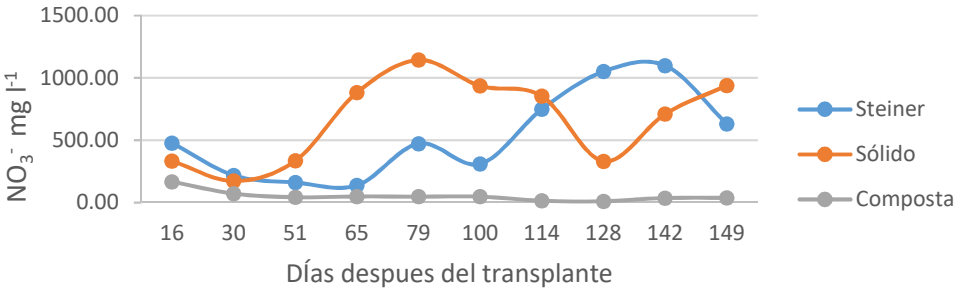


Figura 2. Dinámica de los NO_3^- en la solución del suelo durante el ciclo de cultivo bajo diferentes aportes nutrimentales.

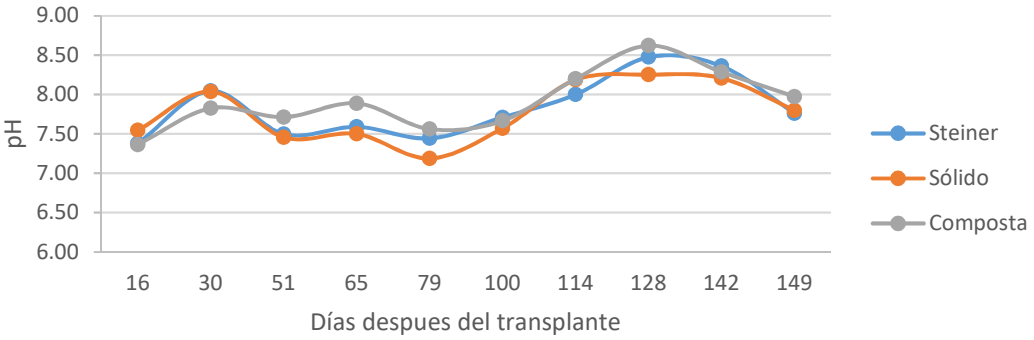


Figura 3. Dinámica del pH en la solución del suelo durante el ciclo de cultivo bajo diferentes aportes nutrimentales.

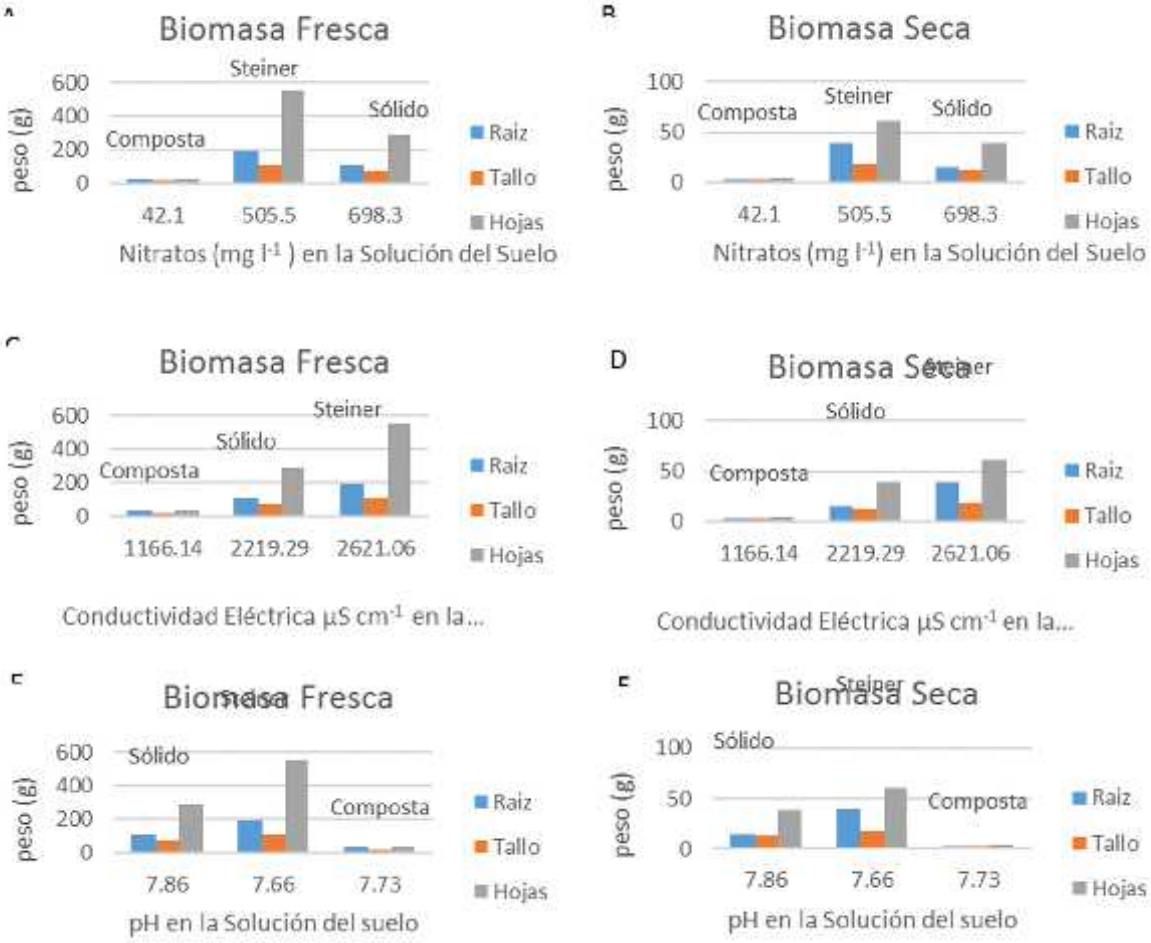


Figura 4. Efecto del pH, conductividad eléctrica y concentración de NO_3^- de la solución del suelo sobre el peso fresco y seco de plantas de tomate bajo diferentes tipos de fertilización en un suelo calcáreo.

El manejo del pH en la solución nutritiva modificó el pH de la solución de suelo dando valores promedio de 7.75 inferiores al del analisis químico determinado en el suelo calcareo (Figura 3), el pH de la solución del suelo aumentó para los tres tratamiento a partir del los 100 dias del ciclo de cultivo; mismos resultados fueron encontrados por (Yanai *et al.*, 1997) en ul cultivo de trigo, este aumento de pH pudo tener relación con una mayor solubilidad de carbonatos de calcio del suelo calcáreo.
En la Figura 4 es posible apreciar la relación entre los valores de NO_3^-, CE y pH en la solución del suelo y los de la biomasa fresca y seca para cada tipo de tratamiento de aplicación de los fertilizantes. Los mejores resultados fueron obtenidos con el tratamiento de solución Steiner que mostró una concentración promedio de NO_3^- de 505.5 mg L^{-1}, una CE promedio de 2219.29 µS cm^{-1} y un pH promedio de 7.66. Estos resultados pueden tomarse como referencia e implementar medidas para ajustar la aplicación de fertilizantes en suelos calcáreos de tal forma que a través del tiempo se mantengan estos valores de NO_3^-, CE y pH.

Conclusiones

El uso de solución Steiner como fuente de fertilizantes presentó mejores resultados que la aplicación de fertilizantes sólidos o el té de vermicoposta.
Los mejores resultados fueron obtenidos con el tratamiento de solución Steiner que mostró una concentración promedio de NO_3^- de 505.5 mg L^{-1}, una CE promedio de 2219.29 µS cm^{-1} y un pH promedio de 7.66.

Referencias

Granados, M., R. Thompson, M. Fernández, M. Gallardo y J. Gázquez, 2005. Uso de sondas de succión para el manejo de la fertilización nitrogenada en un cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero. En: Ramos, C., *et al.* (Eds.). Sistemas de Recomendación de Abonado. Actas de las I Jornadas del Grupo de Fertilización de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Editorial de la UPV, Valencia, Espana, pp. 79–85.

Jungk, A.O. l991. Dynamics of nutrient movement at the soil-root interface. In: Waisel Y, Eshel A, Katkafi U (Eds) Plant roots: the hidden half. Marcel Dekker, New York, pp 455-481.

Hernández, M., C. Laffita, V. Moreno, A. Igarza y A. Ojeda. 2014. Niveles referenciales de nutrientes en la solución del suelo para el diagnóstico nutricional en el cultivo protegido del tomate. IDESIA, Volumen 32, Nº 2. Páginas 79-88.

Lao, M., S. Jiménez, E. Eymar and E. Fernández. 2003. Determination of spatial variability of nutrient composition of soil solutions in greenhouses by using suction cups. Soil Science and Plant Analysis, 34 (5 & 6): 865-879.

Salas, M.C., J. Vargas and J. Sánchez-Romer. 2009. Using suction cup to improve the monitoring of soil solution in a greenhouse fertigated crop. Acta Horticulturae, 807: 301-306.

Yanai, J., S. Araki, and K. Kyuma. 1995. Effects of plant grow on the dynamics of the soil composition in the root zone of maize in four Japanese soil. Soil Sci. Plant Nutr.41:195-206.

Yanai, J., D.J. Linehan, D. Robinson, I.M. Young, C.A. Hackett, K. Kyuma, and T. Kosaki. 1996. Effects of inorganic nitrogen fertilizer on the dynamics of the soil composition in the root zone of wheat. Plant Soil 180:1-9.

ESTIÉRCOL BOVINO EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FIBRA DEL ALGODONERO EN EL VALLE DE JUÁREZ, CHIH.

Corral-Díaz, B.[1*]; Ornelas, L. Y.[1]; Flores-Márgez, J.P.[1]; Osuna-Ávila, P.[1]

[1]Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez, Chihuahua. México.

*Autor responsable: bcorral@uacj.mx; Anillo Envolvente del Pronaf y Estocolmo S/N, Col. Fovissste Chamizal, Ciudad Juárez, Chihuahua. México. CP 32310; Tel. +52(656)-688-1800

Resumen

Una de las prácticas agrícolas que se ha utilizado por siglos es la aplicación de abonos orgánicos, como una forma de abastecer de nutrientes a las plantas. El estiércol, biosólidos, residuos de cosechas y las compostas, entre otros, se consideran como abonos orgánicos. En el Valle de Juárez existe una cuenca lechera que produce anualmente 138 millones de toneladas de estiércol fresco y pueden ser usadas como fertilizante, siempre que se apliquen las dosis y el manejo indicado para evitar riesgos de contaminación. Para atender la demanda de los agricultores; se comparó la respuesta productiva y la calidad de fibra del algodonero a la aplicación de estiércol bovino y sulfato de amonio (SA) como fuente de fertilización orgánica e inorgánica, respectivamente. En 2014 se establecieron parcelas de 4 ha y 1 ha en el Rancho Universitario localizado en el municipio de Praxedis G. Guerrero, Chihuahua; en la primera se aplicaron 21.61 t ha^{-1} de estiércol en base seca y en la parcela testigo 800 kg ha^{-1} de SA. La producción obtenida fue superior en 874 kg ha^{-1} de algodón en hueso con el estiércol; lo que representa un beneficio de \$12,526 ha^{-1}. Se demostró que el estiércol satisface la demanda de nutrientes del algodonero. La longitud, uniformidad y resistencia de la fibra fueron iguales con los dos tratamientos, pero se mejora la finura de la fibra con estiércol. La fertilidad del suelo se incrementó, quedando al final del ciclo una reserva de 420 kg ha^{-1} de NTK con estiércol.

Palabras clave
Estiércol; fertilización orgánica; calidad de fibra.

Introducción

En el Valle de Juárez el algodonero es el principal cultivo, con un valor de la producción superior a los 210 millones de pesos anuales (SIAP, 2014), gracias a que la mayor parte de la producción se exportada a mercados internacionales, por su excelente calidad de fibra para elaborar prendas de vestir. Sin embargo, los agricultores señalan que cada año se van incrementando los costos de producción, lo que hace cada vez menos rentable el cultivo. Uno de los componentes de mayor costo es el fertilizante inorgánico, ya que representa cerca del 20%; por lo cual están buscando alternativas viables para usar abonos orgánicos como el estiércol bovino, del que se producen anualmente unas 138 mil toneladas en peso húmedo en esta zona fronteriza (Flores *et al.* 2008). Además se tienen las ventajas de reducir los costos de producción sin demeritar los rendimientos y la calidad de la fibra, adicionalmente con un menor impacto ambiental (Trinidad, 2000; López *et al*. 2002; Salazar *et al*., 2010; Flores *et al*., 2009 y Flores *et al*., 2013).

Reyes *et al*. (2013) y Trinidad (2000) afirman que los abonos orgánicos se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, aunque su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia,

edad, manejo y contenido de humedad. Además, el valor de la materia orgánica que contiene ofrece grandes ventajas que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes inorgánicos. Eghball *et al*. (2004) y Salazar *et al.* (2004) confirman también la liberación de nutrimentos en forma gradual, mejoran la estructura del suelo, la porosidad, aireación y capacidad para la retención de agua.
Algunas investigaciones en algodonero con el uso de estiércol, como la citada por López *et al.* (2014) encontraron un 19% más de rendimiento con estiércol bovino; una ligera tendencia a incrementar la longitud y la finura, mientras resistencia disminuyo parcialmente. Navarro *et al.* (2013) encontraron una respuesta similar en producción y calidad de la fibra para la aplicación de estiércol y fertilizante inorgánico. Blasie *et al.* (2005) encontraron incrementos significativos en la producción de fibra y número de bellotas, similar número de ramas y calidad de fibra con el abono orgánico. En base a la demanda de los productores algodoneros, se realizó la comparación entre el estiércol y el sulfato de amonio con el objeto de reducir los costos de producción y mantener los rendimientos y la calidad de la fibra.

Materiales y Métodos

La investigación se estableció en el Rancho de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (RUACJ) en el municipio de Praxedis G. Guerrero, Chihuahua, localizado en las coordenadas: 31º21'20'' N y 105º59'59'' O, altitud de 1090 m (Corral y Flores, 2011). En una superficie de 4 ha se aplicó el estiércol bovino, procedente de los corrales universitarios. El control o testigo se fertilizó con 800 kg ha^{-1} de sulfato de amonio. La dosis de estiércol que se aplicó fue en función de la concentración de nitrógeno del estiércol, el residual del suelo, así como la tasa de mineralización y la demanda del cultivo para producir siete pacas de algodón por hectárea (Flores *et al*., 2013). Los análisis de textura, fertilidad y salinidad del suelo fueron realizados en tres muestras compuestas de acuerdo con la NOM-021- SEMARNAT 2000.
Los resultados del N disponible en el suelo fueron 28.08 kg ha^{-1}, el estiércol 20 kg N ton^{-1} y se estimó una tasa de mineralización del 34% en el primer año, por lo que los 20 kg x 0.34=6.8 kg N ton^{-1} disponible en el primer año (Flores *et al*., 2013). Se consideró una demanda de 175 kg de N, menos el N disponible en suelo, fue necesario aplicar 146.92 kg N de estiércol, lo que resultó en 21.61ton ha^{-1} en base seca. Se aplicó con una estercoladora sin marca. La incorporación fue con un paso de rastra, después el surcado y un riego de pre siembra. El 5 de mayo del 2014 se realizó la siembra. Las dos aplicaciones de sulfato, se hicieron antes del primer y segundo riego de auxilio, con 400kg ha^{-1} cada una. El manejo agronómico que se dio a la variedad de algodonero DP912-B2RF fue el mismo para las dos parcelas, tres escardas, cuatro riegos de auxilio y control de insectos chupadores. Se tomaron 14 muestras en cada parcela para medir las variables como: el rendimiento de algodón en hueso (RAH), rendimiento de fibra (RF), porcentaje de fibra (PF), número de plantas (NP) a los 24, 51 y 194 días después de la siembra (dds), total de frutos (capullos + bellotas) (TF), porcentaje de precocidad (PP), peso de capullos (PC), índice de semilla (IS) es el peso de 100 semillas; calidad de fibra medida por la longitud (LO), uniformidad (UN), resistencia(RES) y finura de la fibra (FF) con el equipo HVI en el laboratorio de fibras del Campo Experimental Laguna, en Matamoros, Coah. Para comparar las diferencias estadísticas se aplicó la prueba de *t de student* al 1% y 5% de significancia, usando el software MINITAB 14. Al final se efectuó un análisis económico considerando un precio de $11.749 por kilo de algodón en hueso (SIAP 2014).

Resultados y Discusión

La clasificación del suelo fue de una textura arcillosa, considerada en segundo lugar como la dominante en el Valle de Juárez, razón por la cual se justifica más a la aplicación del estiércol, porque se puede mejorar la estructura y facilitar las labores de labranza y mejor desarrollo radicular del cultivo. En el Cuadro 1 se presentan los resultados de los análisis químicos de suelo antes de la siembra y a la cosecha. El pH no se modificó con la aplicación de los tratamientos a diferencia de Salazar *et al*. (2010) quienes encontraron un incremento en el pH con el uso de estiércol en el cultivo de maíz. La cantidad de sales en el suelo medido por la conductividad eléctrica se redujo en un 50% al pasar de 1092 µS cm^{-1} a 506 µS cm^{-1} con estiércol y con sulfato de amonio a 537 µScm^{-1}. Esto demuestra la bondad de las dos fuentes de fertilizante para usarse como un mejorador de suelo. Además de mejorar la fertilidad por la aportación de 420 kg ha^{-1} de NTK adicionales, que se quedan como reserva para el próximo ciclo agrícola, comparando con el fertilizante tradicional, los resultados encontrados son similares a los de Flores *et al*. (2009).

Cuadro 1. Resultados de las características químicas del suelo (0-30cm) al inicio y final del cultivo del algodonero con aplicación de estiércol y sulfato de amonio P-V 2014.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	INICIO	FINAL ESTIÉRCOL	FINAL FERTILIZANTE
pH	7.99	7.90	7.98
CE µS cm^{-1}	1041	506	537
NTK (mg kg^{-1} de suelo)	1092	858	753

El efecto del abono orgánico fue similar al SA para las variables evaluadas. En el Cuadro 2 se observa que la cantidad de plantas contabilizadas a los 24 y 51 dds no presentaron diferencias estadísticas, 116 mil y 108 mil a los 24 días y una ligera disminución en el segundo conteo, con 95,920 y 94,597 para estiércol y control respectivamente. Sin embargo, al momento de la cosecha las diferencias fueron altamente significativas, a favor del estiércol, con 55,621 plantas; la pérdida de más del 50% de las plantas al llegar a la cosecha, fue por la eliminación de ellas con el paso de implementos agrícolas o quedaron enterradas al momento de las escardas.

Cuadro 2. Comparaciones estadísticas a la aplicación de estiércol y sulfato de amonio en algodonero En parcelas del Valle de Juárez, Chihuahua P-V 2014.

VARIABLE	ESTIÉRCOL	TESTIGO	VALOR PROB	SIGNIFICANCIA
Número plantas / ha a 24 dds	116152	108038	0.206	n.s.
Número plantas / ha a 51 dds	95920	94597	0.795	n.s.
Número plantas / ha a 194 dds	55621	48348	0.003	**
Total frutos (capullos+bellotas)	14.05	13.17	0.22	n.s.
Porcentaje precocidad	90.24	88.40	0.53	n.s.
Peso de capullo (g)	5.56	5.69	0.23	n.s.
Índice de semilla (g)	10.07	10.31	0.19	n.s.
Porcentaje de fibra	41.8	40.93	0.24	n.s.
Longitud (mm)	30.81	31.44	0.07	n.s.
Uniformidad (%)	85.89	86.18	0.50	n.s.
Resistencia (gramos/tex)	28.44	28.06	0.42	n.s.
Finura (índice de micronaire)	4.97	5.06	0.59	n.s.

n.s. diferencias no significativas; * diferencias significativas al 0.05; ** diferencias altamente significativas al 0.01

Los componentes de rendimiento como TF que incluye los capullos y las bellotas no se afectó con los tratamientos evaluados, se tuvieron 13.17 frutos para el testigo y 14.05 con el abono orgánico; en cambio Blasie *et al*. (2005) encontraron un mayor número de frutos usando estiércol. El PP, a pesar de no ser significativo se considera alto para los dos tratamientos con 90.24% para estiércol y 88.40% el sulfato. Esto es una característica deseable, porque en un sola paso de la cosechadora se obtiene prácticamente toda la producción. El PC del control fue de 5.69 g ligeramente mayor que el estiércol con 5.56 g pero estadísticamente iguales; ambos pesos son superiores a los reportados por Corral y Flores (2011) para el mismo genotipo. También el IS no se afectó por los tratamientos con promedios de 10.07 y 10.31 g en estiércol y sulfato. Estos promedios se mantienen similares a la evaluación de Corral y Flores (2011). Finalmente, el PF no fue significativamente diferente en los dos tratamientos tal y como lo consigna Navarro *et al.* (2013).

La calidad de la fibra es considerada una característica genética que poco se modifica por el ambiente de producción (Corral y Flores 2011). Las variables que se midieron como longitud de fibra, uniformidad, resistencia y finura no sufrieron modificaciones por la aplicación de los dos tratamientos. Por lo que se rechaza la hipótesis de que se incrementarían algunas de estas características al usar estiércol. Esta información es similar a la reportada por Blasie *et al.* (2005) y Navarro *et al*. (2013), al no encontrar diferencias estadísticas con fuentes similares de fertilizantes. De acuerdo con la Norma Mexicana de clasificación de fibras (NMX-A-051-SCFI-2000). Los promedios de longitud fueron de 30.81mm en estiércol y 31.44 mm con sulfato, consideradas como fibras largas. La uniformidad alcanzo para cada tratamiento 85.89% y 86.18%, son fibras muy altamente uniformes y resistentes con 28.44 gramos/tex en estiércol y 28.06 con sulfato. Para finura, son fibras normales las del estiércol con 4.97 índice de micronaire, mientras la del sulfato con 5.06 son fibras gruesas, a este tipo de fibras gruesas se les aplica una sanción por considerarlas menos aptas para fabricar prendas de vestir de excelente calidad. En cambio, las de finura intermedia como la que se produjo con estiércol alcanzan los mejores precios internacionales (SIAP, 2014).

En la Figura 1 se observan las diferencias estadísticas a favor del estiércol para los RAH (7224 kg ha^{-1}) y RF (3024 kg ha^{-1}) en un 14% y 16%, respectivamente. Con esta investigación queda demostrada la ventaja marcada por Trinidad (2000) y Reyes *et al.* (2013), de usar este tipo de abonos, que son más económicos, mejoran las características del suelo, incorporan materia orgánica, liberan los nutrientes durante todo el ciclo del cultivo y apoyan un manejo sustentable del ambiente. En trabajos similares Blasie *et al.* (2005), Navarro *et al.* (2013) y López *et al*. (2014) encontraron respuestas estadísticamente significativas a favor del estiércol.

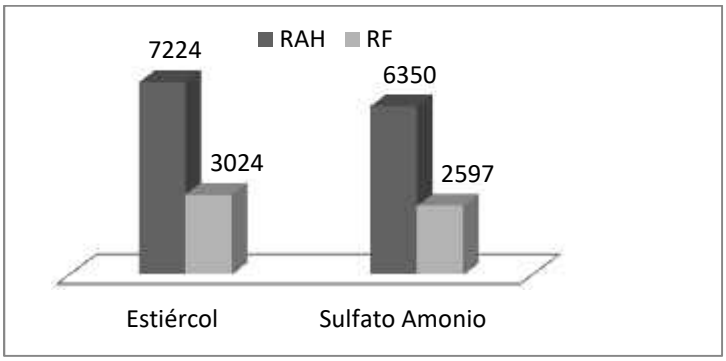


Figura 1. Rendimientos de algodón en hueso y de fibra(kg/ha) con la aplicación de abono orgánico e inorgánico en algodonero P-V 2014en el Valle de Juárez, Chih.

El análisis económico se realizó con el RAH, a un precio de venta de \$11.749 kg^{-1} (SAIP 2014), se tuvo una diferencia de \$10,268 pesos a favor del estiércol. Además, el traslado, la aplicación y la incorporación del estiércol alanzó un costo de \$ 2000 ha^{-1}, en tanto la compra y aplicaciones del SA fueron \$4260 ha^{-1}; con saldo a favor de \$2260 para el estiércol. Al final la ganancia o el ahorro, por el uso de los abonos orgánicos fue de \$12,526 por hectárea.

Conclusiones

La cantidad de sales en el suelo disminuyó en un 50% al pasar de 1.092 dS m^{-1} a 0.506 dS m^{-1} con estiércol y 537 dS m^{-1} con sulfato de amonio. También se mejoró la fertilidad del suelo por la aportación de 420 kg ha^{-1} de NTK adicionales con el uso del estiércol. Los rendimientos de algodón en hueso y de fibra se incrementaron en un 14 y 16%, respectivamente con el uso de estiércol; por lo tanto se recomienda su uso como una fuente de fertilizante confiable, ya que aporta los requerimientos nutrimentales del cultivo a un menor costo. La evaluación económica indica un saldo favorable de \$12,526 pesos por hectárea por el uso del abono orgánico. Los componentes de la calidad de la fibra no se afectaron, en términos estadísticos, con la aplicación de los fertilizantes probados. Solamente la finura se afectó de manera negativa con el testigo al producir fibras más gruesas con 5.06 de índice de micronaire.

Agradecimientos

Se agradece a SEP – PROMEP y Red de Cuerpos Académicos por el apoyo para realizar esta investigación.

Referencias

Blasie D., J.V. Singh, A.N. Bonde, K.U.Tekale and C.D. Mayee. 2005. Effects of farmyard manure and fertilizer on yield, fibre quality and nutrient balance of rainfed cotton (*Gossypium hirsutum*). Bioresour Technol. 96: 345-349.

Corral D. B. y Flores M.J.P 2011. Evaluación agronómica de variedades de algodón en el Valle de Juárez, Chih. durante el ciclo agrícola P-V 2010.Informe Final del proyecto 402. UACJ. Cd. Juárez, Chih. 48p.

Eghball B., D. Ginting, and J. E. Gilley. 2004. Residual Effects of Manure and Compost Applications on Corn Production and Soil Properties. Agron. J. 96:442–447.

Flores M.J.P., Corral D.B., Figueroa V.U., Mauricio R.L. y Sotomayor V.V. 2009. Nitrógeno mineralizable de estiércol bovino lechero en suelos agrícolas del norte de México. In Agricultura Orgánica segunda edición. Cap. VI. SMCS CONACYT. Gómez Palacio Dgo. 152-172p.

Flores M.J.P., Pérez S.R.I., Contreras S.L.E., Corral D.B., Osuna A.P. y Olivas E.E .2013. Estiércol bovino y agua residual en la disponibilidad de potasio y nitrógeno total en suelos. Memoria del XXXVIII Congreso nacional de la ciencia del suelo. SMCS. La paz, B.C.S. 25-29 p.

Flores M.J.P., Sotomayor V.V. y Corral D. B. 2008. Nitrógeno mineralizable de estiércol bovino lechero en suelo cultivado con algodonero. Ciencia en la Frontera. UACJ. VI: 117-129.

López M. J. D., Gallegos R. M., Santos S. J., Valdez C. R. y Martínez R.E. 2002. Producción de algodonero transgénico fertilizado con abonos orgánicos y control de plagas. *Terra Latinoamericana*. 20: 321-327

López M.J.D., Salazar S.E, Trejo E. H.I., García H. J.L., Navarro M.M., Vázquez V.C. 2014. Producción de algodón con altas densidades de siembra usando fertilización orgánica. Phyton 83: 237-242.

Navarro M.M., López M.J.D., Salazar S.E., Vázquez V. C. 2013. Efecto de dosis de estiércol bovino solarizado y densidades de planta en rendimiento y calidad de fibra del algodonero, Comarca Lagunera, México. XXXVIII Congreso de la SMCS. Vol III 158-162.

NMX-A-051-SCFI-2000- Productos agrícolas no industrializados para uso industrial - algodón para hilar (*Gossypium spp)* especificaciones. (Cancela a la NMX-A-051-1964).

Reyes M. C.A., Cantú A. M.A., De la Garza C. M. 2013. Los abonos orgánicos una alternativa para incrementar los rendimientos de maíz. Folleto para productores No. MX-0-310301-25-03-13-10-24.SAGARPA-INIFAP. C.E. Río Bravo. Rio Bravo, Tamps. 27 p.

Salazar S. E., Trejo E. H. I,López M. J. D., Vázquez V.C., Serrato C. J. S. Orona C. I. y Flores M. J. P. 2010. Efecto residual de estiércol bovino sobre el rendimiento de maíz forrajero y propiedades del suelo. *Terra Latinoamericana* 28: 381-

39.
Salazar S.E. Vázquez V. J. A., Leos R. M., Fortis H. J. A., Montemayor T.R., Figueroa V. J. D. y López M.J.D. 2004. Mineralización del estiércol bovino y su impacto en la calidad del suelo y la producción de tomate (*Lycopersicum sculentum* Mill*)* bajo riego sub-superficial. *Phyton Rev. Inter. Bot. Exp*. 73: 259-273.
SEMARNAT 2000.NOM-021-SEMARNAT-2000.Establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis. D.O.F, 31dic 2002. México. D.F.
SIAP. 2014. Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera [en línea] http//www.siap.gob.mx/avance de siembras y cosechas por estado consultado enero 2015.mht.
Trinidad S. A. 2000. Utilización de estiércoles. SAGARPA. Colegio de Posgraduados. Montecillo Edo. México. 8p.

RESPUESTA DEL TRIGO A LA FUENTE Y DOSIS DE NITRÓGENO EN UN SUELO ARCILLOSO DEL VALLE DEL YAQUI, SONORA.

Cortés-Jiménez, J.M.[1*]; Ortiz-Avalos A.A.[1]; Beltrán-López S.[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Cd. Obregón, Sonora; México.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. San Luis Potosí, S.L.P. México.

*Autor responsable: cortes.juanmanuel@inifap.gob.mx; Calle Norman E. Borlaug km 12. Ciudad Obregón, Sonora. México. CP 85000; Tel. +52(0155)-38718700 Ext. 81210

Resumen

En el Campo Experimental Norman E. Borlaug del INIFAP, durante el ciclo 2015-16 en un suelo con 9 ppm de fósforo Bray y 74 kg ha^{-1} de nitrógeno-nítrico, se evaluaron en trigo 0, 100, 200, 300 y 400 kg ha^{-1} de urea 46-00-00 de NPK y de urea de liberación controlada ESN, (44-00-00 de NPK). Se fertilizó al voleo en presiembra y se incorporó con un paso de cultivadora. Se sembró el 26 de noviembre con la variedad CIRNO C2008 y 120 kg ha^{-1} de semilla. Se aplicaron cinco riegos en total. No se encontraron diferencias significativas entre fuentes, entre dosis de nitrógeno ni interacción entre ambos factores. En promedio, con la aplicación de 0, 100, 200, 300 y 400 kg ha^{-1} de urea se obtuvo una concentración de nitratos en la base del tallo de 5,588, 6,851, 7,210, 7,919 y 7,933 ppm y rendimientos de 4.571, 4.953, 4.956, 5.082 y 5.085 ton ha^{-1} de trigo respectivamente.

Palabras clave
Urea, Urea ESN, Nitratos

Introducción

Los fertilizantes, son probablemente los productos con mayor impacto en la producción de alimentos en el mundo (Castellanos *et al.*, 2005). Sin embargo, la eficiencia en el uso de nitrógeno, es de 33% a nivel global (Raun y Johnson, 1999). En China, se reportan pérdidas por volatilización de nitrógeno de 30-39% en arroz, 11-48% en maíz y 1-20% en trigo (Cai *et al*., 2002). Mientras que en el Valle del Yaqui, las pérdidas por volatilización son de 19% y 6% por lixiviación en trigo (Cortés, 1998; 2005). Los fertilizantes de liberación controlada, son productos que mejoran la eficiencia en el uso de nutrientes, principalmente el nitrógeno (Snyder *et al*., 2008; IPNI, 2012), lo cual reduce significativamente las amenazas ambientales (Shaviv, 2001). El mecanismo más común para controlar la liberación de nutrientes, es un recubrimiento protector de polímero o azufre que se añade al fertilizante. La tasa de liberación, varía desde unas semanas hasta varios meses (Sharma, 1979; IPNI, 2012). La urea ESN (Environmentally Smart Nitrogen), es el fertilizante de lenta liberación más ampliamente utilizado en la agricultura. Su utilización incrementa la eficiencia en el uso de nitrógeno y se puede aplicar en una sola fertilización. Sin embargo, en un ensayo de tres años en tres sitios de Montana, Estados Unidos, se recomendó utilizar urea normal como fuente de nitrógeno en trigo (Walsh y Christiaens, 2014). En un estudio realizado en el Valle del Yaqui, Sonora, Cortés (2015) comparó la fórmula 276-78-00 de NPK en base a urea con MAP, contra la combinación de urea ESN con Micro Essential SZ; ésta última, superó con 440 kg ha^{-1} al testigo regional. El objetivo

de la presente evaluación fue determinar el efecto de urea normal, urea ESN, y cinco dosis de nitrógeno sobre el rendimiento de trigo, en un suelo del Valle del Yaqui, Sonora.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en el Campo Experimental Norman E. Borlaug del INIFAP, durante el ciclo otoño-invierno 2015/2016 en un suelo arcilloso con 9 ppm de fósforo Bray y 74 kg ha^{-1} de nitrógeno-nítrico, ubicado a 27º22'06.41'' N y 109º55'18.69'' W. Se evaluaron las dosis de 0, 100, 200, 300 y 400 kg ha^{-1} de urea (46-0-0 de NPK), y de urea ESN o de liberación lenta o controlada (44-00-00 de NPK). La preparación del suelo consistió en dos pasos de cultivadora con triple barra porta-herramientas para reutilizar el surco del cultivo anterior. Los tratamientos se aplicaron al voleo y se incorporaron con un paso de cultivadora. La siembra se llevó a cabo el 26 de noviembre con la variedad CIRNO C2008, en surcos a 80 cm de separación con dos hileras de plantas por surco y 120 kg ha^{-1} de semilla. Se aplicó un riego de presiembra y cuatro riegos de auxilio.
No se aplicó fertilización fosfatada, sin embargo, para explorar la respuesta a fósforo, se aplicó una dosis de 0, 5 y 10 ton ha^{-1} de Nutripellet a la repetición 1, 2 y 3 respectivamente. Nutripellet es un fertilizante orgánico certificado con registro OMRI que contiene 4.28% de P_2O_5. La cosecha se llevó a cabo a los 140 días después de la siembra. Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas y tres repeticiones. La parcela mayor correspondió a las fuentes de nitrógeno y la menor a las dosis. La unidad experimental fue de 4 surcos de 6.25 metros de longitud y se cosechó como parcela útil un surco central de 2 metros de largo. La variable evaluada fue el rendimiento de grano al 12% de humedad, la relación entre la dosis de urea y la concentración de nitratos en la base del tallo a los 55 días de la siembra, y ésta última con el rendimiento de grano. Los datos se analizaron en MSTAT (Russell D. Freed, MSTAT Director Crop and Soil Sciences Deparment Michigan State University).

Resultados y Discusión

No se encontraron diferencias significativas entre fuentes de nitrógeno, entre dosis, ni interacción entre ambos factores para la variable rendimiento de grano (Cuadro 1). El rendimiento obtenido se reporta en el cuadro 2.

Cuadro 1. Análisis de varianza para rendimiento de grano. Fuentes y dosis de nitrógeno. INIFAP

Fuente de variación	g.l.	S.C.	C.M.	F calculada	Probabilidad
Repeticiones	2	0.414	0.207	1.7288	0.3665
Fuentes de nitrógeno (A)	1	0.000	0.000	0.0020	
Error	2	0.240	0.120		
Dosis de nitrógeno (B)	4	1.065	0.266	0.7258	
A x B	4	0.199	0.050	0.1356	
Error	16	5.869	0.367		
Total	29	7.788			

C.V.:12.29%

El costo por tonelada y por unidad de nitrógeno es más alto en la urea ESN. La diferencia entre el testigo sin nitrógeno y el incremento promedio al aplicar de 100 a 400 kg ha^{-1} fue de 0.448 ton ha^{-1}. Con un precio del trigo de $3,900 por ton, la aplicación de 100 kg ha^{-1} de fertilizante se obtuvieron 488 kg ha^{-1} con urea ESN y 278 kg ha^{-1} con urea normal (Cuadro 2). El rendimiento asociado a las

dosis de fertilizante orgánico aplicado a cada una de las tres repeticiones, fue de 4.786, 4.928 y 5.074 ton ha^{-1} para 0, 5.0 y 10 ton ha^{-1}, lo cual representó un incremento de 288 kg ha^{-1} con relación al testigo al aplicar 428 kg ha^{-1} de P_2O_5, cantidad contenida en 10 ton de fertilizante orgánico con 4.28% de pentóxido.

Cuadro 2. Efecto de la fuente y la dosis de urea en el rendimiento de trigo.

Fertilizante	Rendimiento de grano ton ha^{-1}		
kg ha^{-1}	Urea ESN	Urea	Media
0	4.512	4.629	4.571
100	5.000	4.907	4.953
200	4.963	4.948	4.956
300	4.974	5.190	5.082
400	5.211	4.959	5.085
Media	4.932	4.927	

Se encontró efecto altamente significativo de la dosis de urea sobre la concentración de nitratos en la base del tallo ($p<0.0001$). Las dosis de 200, 300 y 400 kg ha^{-1} de urea superaron al testigo. Para la etapa en que se tomó la muestra, la concentración de nitratos en los tratamientos con urea normal, superó 8.12% a la concentración observada con urea ESN, lo cual es un indicador de la menor disponibilidad de nitrógeno de la urea ESN para la etapa del muestreo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de la fuente y la dosis de urea en la concentración de NO_3 en trigo.

Fertilizante	Concentración de nitratos en la base del tallo ppm		
kg ha^{-1}	Urea ESN	Urea	Media
0	5,319	5,857	5,588 b
100	6,555	7,147	6,851 ab
200	7,223	7,196	7,210 a
300	7,274	8,563	7,919 a
400	7,743	8,123	7,933 a
Media	6,823	7,377	

La baja respuesta a la aplicación de nitrógeno, se puede atribuir a que no se aplicó fósforo. Su disponibilidad en el suelo fue deficiente de acuerdo con la calibración del método Bray P1 realizada para los suelos del sur de Sonora (Cortés y Ortiz, 2003). En la dosis de 400 kg ha^{-1} de urea, la concentración de fósforo en planta fue de 0.192, 0.201 y 0.231% en las repeticiones 1, 2 y 3 respectivamente, concentraciones que se consideran deficientes de acuerdo a la calibración de este análisis en el Valle del Yaqui (Cortés y Ortiz, 2007; Cortés *et al.*, 2011). En estudios previos realizados en el mismo suelo, la concentración foliar de P asociada con la dosis de 0, 100, 200, 300 y 400 kg ha^{-1} de MicroEssentials® SZ fue de 0.219, 0.238, 0.255, 0.274 y 0.278% respectivamente. Los valores correspondientes para las dosis de MAP 11-52-0 fueron de 0.231, 0.236, 0.262, 0.268 y 0.276% de P (Cortés y Ortiz, 2016).

En la presente evaluación de fuentes y dosis de nitrógeno, se estableció un tratamiento exploratorio con 15 ton ha^{-1} de Nutripellet, la concentración de fósforo en planta completa fue de 0.283% y se obtuvo un rendimiento de 6.639 ton ha^{-1}, con lo cual se corroboró que el fósforo fue un factor limitante de la producción en este ensayo. La dosis total de nitrógeno aplicada fue de 184 y 160 unidades por hectárea en el caso de urea y urea ESN respectivamente, sin embargo, sólo se observó respuesta a las

46 y 40 unidades de nitrógeno que aportan 100 kg ha^{-1} de los fertilizantes mencionados. Se destaca, que los suelos en que se estableció este ensayo fueron nivelados en el verano del año 2014 y se hizo un corte de 50 cm con lo cual toda la capa arable fue eliminada, lo cual repercutió en la obtención de bajos rendimientos durante los dos ciclos agrícolas subsecuentes.

La relación entre la dosis de urea y la concentración de nitratos en la planta se describe en la figura 1. La relación entre la concentración de nitratos en la planta y el rendimiento de trigo en la figura 2.

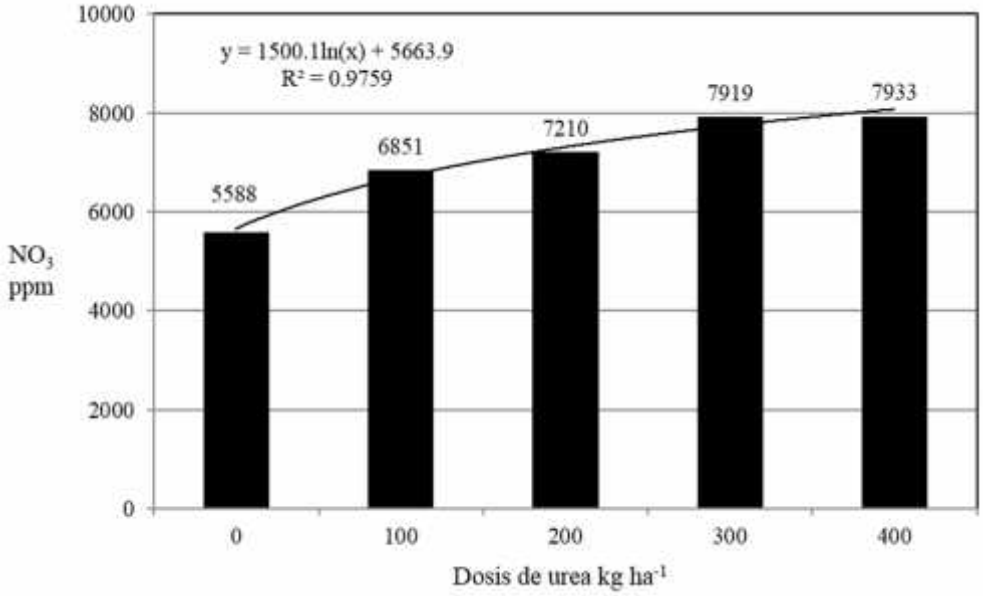


Figura 1. Relación entre dosis de urea y concentración de nitratos en la base del tallo de trigo.

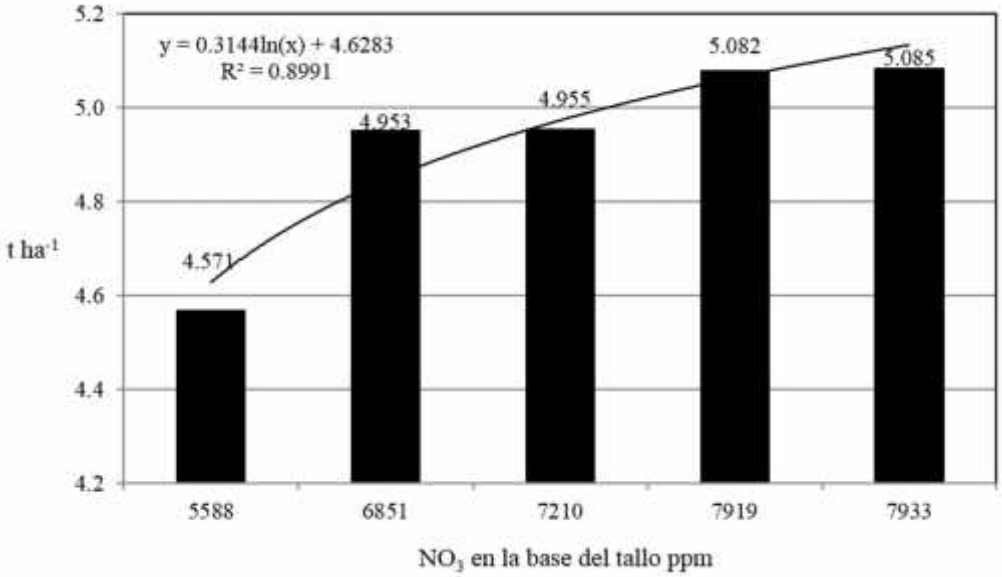


Figura 2. Concentración de nitratos en la base del tallo y rendimiento de trigo en el Valle del Yaqui.

De acuerdo con resultados de investigación y transferencia de tecnología, una concentración de 8,000 ppm de nitratos en la base del tallo, se asocia con un rendimiento de 7.0 ton ha^{-1} de trigo (Cortés *et al.*, 2011). Para el ciclo 2015-2016, el pronóstico de producción de acuerdo con la alerta climática fue de 5.0 a 5.95 ton ha^{-1}. El IPNI (2012), menciona que fertilizantes específicos deben corresponder con el suelo adecuado, cultivo y condiciones ambientales, a fin de obtener el máximo beneficio, ya que un producto puede ser adecuado para un conjunto específico de condiciones, pero no significa que sea adecuados para todas las condiciones.

Conclusiones

1. No se observaron diferencias significativas entre fuentes de nitrógeno para la variable rendimiento de grano.
2. No se observaron diferencias significativas entre dosis de nitrógeno para la variable rendimiento de grano.
3. Se observaron correlaciones significativas entre la dosis de fertilizante nitrogenado y la concentración de este elemento en la base del tallo del trigo.
4. Se observaron correlaciones significativas entre la concentración de nitratos en la base del tallo de trigo y el rendimiento de grano.

Referencias

Cai, G. X., D.L. Chen, H. Ding, A. Pacholski, X. H. Fan, and Z.L. Zhu. 2002. Nitrogen losses from fertilizers applied to maize, wheat and rice in the North China Plain. Nutrient Cycling in Agroecosystems 63(2-3):187-195.

Castellanos, R., J.Z., J.A. Cueto W., J. Macías C., J.R. Salinas G., L.M. Tapia V., J.M. Cortés J., I.J. González A., H. Mata V., M. Mora G., A. Vázquez H. y C. Valenzuela S. 2005. La fertilización de los cultivos de maíz, sorgo y trigo en México. Campo Experimental Bajío. CIRCE, INIFAP. Celaya, Gto. México. 45 p.

Cortés, J.J.M. y A.A. Ortiz. 2016. Disponibilidad de fósforo de fertilizantes orgánicos y químicos aplicados en trigo. Valle del Yaqui, Sonora, México. En: Aspectos de Agricultura Orgánica. Memoria del IV Foro Internacional de Agricultura Orgánica. Nuevo Vallarta, Nayarit. pp. 273-277.

Cortés, J.J.M. 2015. Fertilizantes químicos convencionales y de liberación lenta o controlada. *In:* Hernández-Tejeda, T. (Ed). Buenas prácticas para el uso de fertilizantes en México. Libro Técnico Núm. 9. CENID-COMEF, INIFAP. México, D. F. pp. 99-112.

Cortés, J.J.M., G. Fuentes, J.E. Ortiz, L.M. Tamayo, E. Cortez, A.A. Ortiz, P. Félix, y I. Armenta. 2011. Agronomía del trigo en el sur de Sonora. Libro Técnico No. 6. CENEB-CIRNO-INIFAP. Cd. Obregón, Sonora. 238 pp.

Cortés, J.J.M. y A.A. Ortiz. 2007. Comparación de metodologías para el análisis foliar de fósforo en trigo. Desplegable técnica No. 1. Campo Experimental Valle del Yaqui. CIRNO. INIFAP.

Cortés, J.J.M. y J.E. Ortiz. 2003. Fertilización y mejoradores de suelos. Memoria del Día del Agricultor 2003. Publicación especial No. 10. Campo Experimental Valle del Yaqui. INIFAP. pp. 22-23.

IPNI. 2012. Plant Nutrition. A manual for improving the management of plant nutrition. Metric Version. Whasington, DC. US. 140 p.

Raun, R. W., and V.G. Johnson. 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agronomy Journal 91(3):357-363.

Shaviv, A. 2001. Advances in controlled-release fertilizers. Advances in Agronomy 71:1-49.

Sharma, G. C. 1979. Controled release fertilizers and horticulture applications. Scientia Horticulturae 11(2):107-129.

Snyder, C., T. Brulsema y T. Jensen. 2008. Mejores prácticas de manejo para minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con el uso de los fertilizantes. Informaciones Agronómicas 40:7-10.

Walsh, O.S. and R. J. Christiaens. 2014. Urea, ESN, and urea–ESN blends performed equally well as nitrogen sources for spring wheat. https://www.researchgate.net/publication/284189888_Urea_ESN_and_urea-ESN_blends_performed_equally_well_as_nitrogen_sources_for_spring_wheat

RESPUESTA DEL TRIGO A LA FUENTE Y DOSIS DE FÓSFORO EN UN SUELO ARCILLOSO DEL VALLE DEL YAQUI, SONORA.

Cortés-Jiménez, J.M.[1*]; Ortiz-Avalos A.A.[1]; Beltrán-López S.[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Cd. Obregón, Sonora; México.
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. San Luis Potosí, S.L.P. México.

*Autor responsable: cortes.juanmanuel@inifap.gob.mx; Calle Norman E. Borlaug km 12. Ciudad Obregón, Sonora. México. CP 85000; Tel. +52(0155)-38718700 Ext. 81210

Resumen

En el Campo Experimental Norman E. Borlaug del INIFAP, durante el ciclo 2015-16 en un suelo con 9.36 ppm de fósforo Bray, se evaluaron en trigo 0, 100, 200, 300 y 400 kg ha^{-1} de MAP 11-52-00 de NPK y de MicroEssentials® SZ, (12-40-0-10-1 de NPKSZn). Se fertilizó al voleo en presiembra y se incorporó con un paso de cultivadora. Se sembró el 26 de noviembre con la variedad CIRNO C2008 y 120 kg ha^{-1} de semilla. Se aplicaron cinco riegos en total. Se encontraron diferencias significativas entre fuentes de fósforo y altamente significativas entre dosis. No existió interacción. El MAP superó en rendimiento al MicroEssentials® SZ, la diferencia entre ambos fue de 0.633 ton ha^{-1} El análisis de suelo diagnosticó adecuadamente la respuesta a fósforo en trigo.

Palabras clave

MAP; pentóxido; MicroEssentials® SZ

Introducción

La disponibilidad de fósforo más frecuente en los suelos del Valle del Yaqui es entre 10 y 20 ppm. 25% de las muestras analizadas presentan una disponibilidad menor a 10 ppm de P Bray P1 (Castellanos et al., 2005), concentración a la cual la respuesta a este elemento varia de 0.5 a 2.5 ton ha^{-1} de trigo. El fosfato mono amónico 11-52-0 o MAP por sus siglas en inglés, es la fuente de fósforo recomendada por el INIFAP y la más utilizada en la región, aun cuando se han encontrado incrementos al utilizar MAP 11-44-0 (Cortés *et al.,* 2011). Evaluaciones en trigo con Ortho Fosfato Plus en dosis de 52 kg ha^{-1} de P_2O_5, indicaron que esta fuente superó al MAP con 221 kg ha^{-1}. En otro estudio con el MAP 11-40-0-15 se obtuvieron 132 kg ha^{-1} adicionales con respecto al MAP 11-52-0 y 143 kg ha^{-1} adicionales cuando se aplicó polifosfato de amonio 10-34-0 (Cortés, 2015). En todos los casos, el incremento en rendimiento de trigo con relación al MAP no alcanzó a pagar la diferencia en costo de los diferentes fertilizantes, por lo cual la recomendación se ha mantenido en base al MAP 11-52-0. Correndo y García (2016), no encontraron evidencias consistentes de que las fuentes sólidas difieran en eficiencia de uso de P. Siempre que se apliquen dosis equivalentes de P y de los demás nutrientes acompañantes, tampoco observaron mayor eficiencia de las fuentes líquidas de P y éstas últimas tienen un costo más elevado. En estudios previos, la concentración foliar de P asociada con la dosis de 0, 100, 200, 300 y 400 kg ha^{-1} de MicroEssentials® SZ fue de 0.219, 0.238, 0.255, 0.274 y 0.278% respectivamente. Los valores correspondientes para las dosis de MAP 11-52-0 fueron de 0.231, 0.236, 0.262, 0.268 y 0.276% de P (Cortés y Ortiz, 2016). El objetivo de la presente evaluación

fue determinar el efecto de dos fuentes y cinco dosis de fósforo sobre el rendimiento de trigo cristalino, en un suelo deficiente en este elemento.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en el Campo Experimental Norman E. Borlaug del INIFAP, durante el ciclo otoño-invierno 2015/2016 en un suelo arcilloso con 9.36 ppm de P Bray P1, ubicado a 27º22'06.41'' N y 109º55'18.69'' W. Se evaluaron las dosis de 0, 100, 200, 300 y 400 kg ha^{-1} de Fosfato mono amónico (11-52-00 de N, P_2O_5 y potasio), y de MicroEssentials® SZ, (12-40-0-10-1 de N, P_2O_5, K_2O, S y Zn). La preparación del suelo consistió en dos pasos de cultivadora con triple barra porta-herramientas para reutilizar el surco del cultivo anterior. Los tratamientos se aplicaron al voleo y se incorporaron con un paso de cultivadora. La siembra se llevó a cabo el 26 de noviembre con la variedad CIRNO C2008, en surcos a 80 cm de separación con dos hileras de plantas por surco y 120 kg ha^{-1} de semilla. Se aplicó un riego de presiembra y cuatro riegos de auxilio. No se aplicó fertilización nitrogenada. La cosecha se llevó a cabo a los 140 días después de la siembra. Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas y tres repeticiones. La parcela mayor correspondió a las fuentes de fósforo y la menor a las dosis. La unidad experimental fue de 4 surcos de 6.25 metros de longitud y se cosechó como parcela útil un surco de 2 metros de largo. La variable evaluada fue el rendimiento de grano al 12% de humedad. Los datos se analizaron en MSTAT (Russell D. Freed, MSTAT Director Crop and Soil Sciences Deparment Michigan State University).

Resultados y Discusión

Se encontraron diferencias significativas entre las fuentes de fósforo y altamente significativas entre las dosis de fertilizante evaluadas. No se observó interacción significativa entre fuentes y dosis de fósforo (Cuadro 1). El MAP 11-52-0 superó en rendimiento al MicroEssentials® SZ, la diferencia entre ambos fue de 0.633 ton ha^{-1} (Cuadro 2).

Cuadro 1. Análisis de varianza para rendimiento de grano. Fuentes y dosis de fósforo. INIFAP

Fuente de variación	g.l.	S.C.	C.M.	F calculada	Probabilidad
Repeticiones	2	0.400	0.200	2.358	0.2977
Fuentes de fósforo (A)	1	3.009	3.009	35.449	0.0271
Error	2	0.170	0.085		
Dosis de fósforo (B)	4	27.48	6.870	45.214	0.0000
A x B	4	0.155	0.039	0.256	
Error	16	2.431	0.152		
Total	29	33.64			

C.V.: 7.46%

Con relación al MAP, en el ciclo 2015-16, el incremento en costo de aplicar 100 kg ha^{-1} de MicroEssentials® SZ fue de 80 pesos. En promedio, el rendimiento fue menor con la fuente más costosa con lo cual se obtuvo una rentabilidad negativa, lo anterior sin tomar en cuenta el precio del azufre y el zinc que lleva el MicroEssentials® SZ. La diferencia entre el testigo sin fósforo y la dosis de 400 kg ha^{-1} fue de 2.779 ton ha^{-1} para MicroEssentials® SZ y 2.683 ton ha^{-1} para MAP 11-52-0. Con un precio del trigo de $3,900 por ton, de $8,400 por ton para el MAP y de $9,200 para el MicroEssentials® SZ, cada incremento de 100 kg ha^{-1} de fertilizante fue una práctica rentable para el ciclo de trigo 2015-16 (Cuadro 2). Esta respuesta a fósforo confirma lo reportado para suelos con 10

ppm de fósforo Bray, lo cual da más certidumbre a la calibración del método Bray P1 realizada para los suelos del sur de Sonora (Cortés y Ortiz, 2003; Cortés *et al.*, 2011).

Cuadro 2. Efecto de la fuente y la dosis de fósforo en el rendimiento de trigo.

Fertilizante kg ha^{-1}	Rendimiento de grano ton ha^{-1}		
	MicroEssentials® SZ	MAP	Media
0	3.234	4.042	3.638 d
100	4.446	5.200	4.823 c
200	5.075	5.471	5.273 bc
300	5.763	6.355	6.059 ab
400	6.013	6.630	6.321 a
Media	4.906 a	5.539 b	5.233

DMS Tukey 0.05 Fuentes: 0.457 Tukey 0.01 Dosis: 0.873

La relación entre la dosis de fertilizante y el rendimiento de trigo se describe en la figura 1. Se observó que es factible una mayor respuesta a la dosis fósforo, lo cual se corroboró al relacionar la concentración de fósforo total en planta completa con el rendimiento de grano (Figura 2).

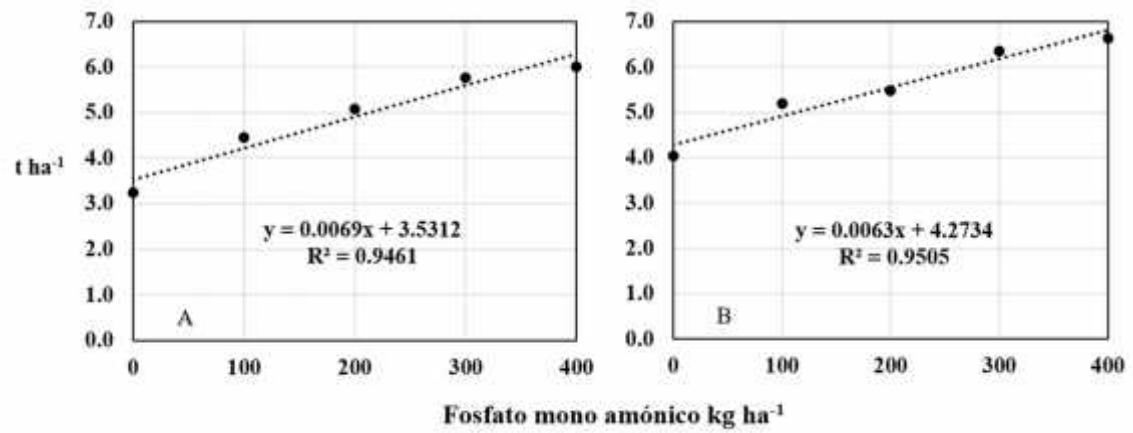


Figura 1. Regresión lineal entre dosis de fosfato mono amónico y rendimiento de trigo.
A: Con MicroEssentials® SZ 12-40-0-10-1. B: Con MAP 11-52-0.

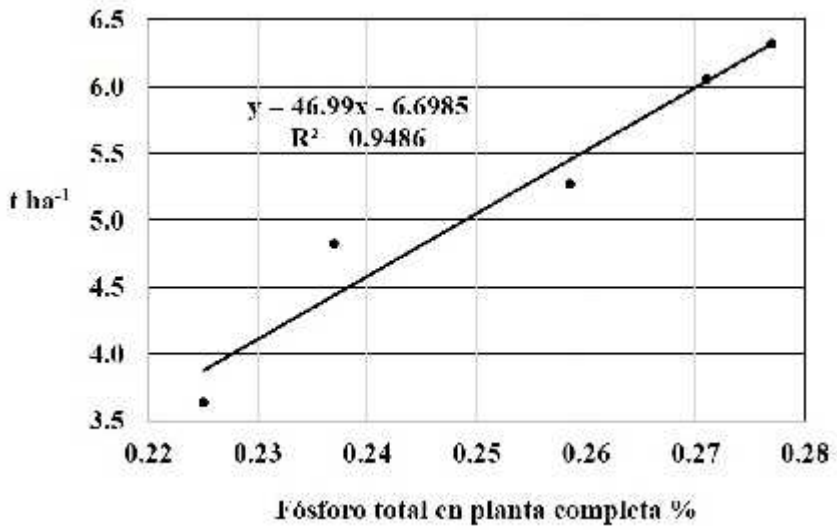


Figura 2. Relación entre la concentración foliar de fósforo y el rendimiento de trigo.

En la figura 2 se describe la variabilidad (C.V. %) de la disponibilidad de macro y micro elementos en un suelo representativo del Valle del Yaqui. En el caso de fósforo, el coeficiente de variación fue de 40% en el estrato 0-30 cm y 61% en el 30-60 cm (Cortés *et al*., 2012).

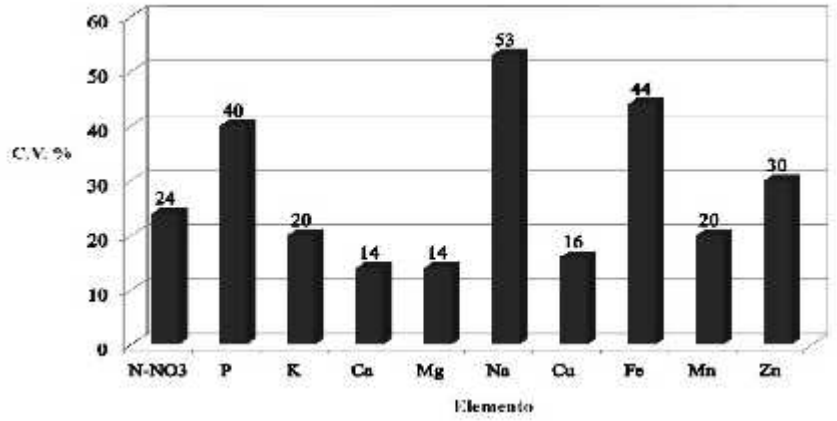


Figura 1. Variabilidad en la disponibilidad de macro y micro elementos en suelos del Valle del Yaqui.

De acuerdo con Siqueira *et al.* (2007), los valores de CV son clasificados como bajo (< 10 %), medio (10 a 20 %), alto (20 a 30 %) y muy alto (> 30 %), lo cual da una idea de la magnitud de la variabilidad de fósforo en los suelos de la región, por lo cual, para futuras evaluaciones, se establecerán más repeticiones por tratamiento y en diferentes niveles de disponibilidad de este elemento, para explorar la respuesta cuando existen entre 10 y 20 ppm que es la disponibilidad más frecuente en los suelos del Valle del Yaqui.

En el tema de los fertilizantes, cuando una fuente es más costosa que la utilizada por el agricultor, es común que las empresas recomienden aplicar la misma inversión, aunque se disminuya la dosis, asumiendo que los fertilizantes más costosos son más eficientes. En esta evaluación la dosis máxima

de fertilizante fue de 400 kg ha^{-1}, lo que representó 208 kg ha^{-1} de P_2O_5 con MAP 11-52-0 y 160 kg ha de P_2O_5 con MicroEssentials® SZ 12-40-0-10-1, o sea 48 kg ha^{-1} de P_2O_5 menos con relación al MAP, lo cual puso al MicroEssentials® SZ en desventaja contra el testigo regional. Al igual que en otras evaluaciones, se espera que a la misma dosis de P_2O_5 la nueva fuente de fósforo supere al MAP que es la fuente recomendada por el INIFAP, pero su mayor costo por unidad de pentóxido tal vez sea la mayor limitante para su adopción, tal como ha sucedido con otras fuentes más eficientes de fósforo.

Conclusiones

1. Con el fosfato mono amónico 11-52-0 se obtuvo un mayor rendimiento de trigo que con el MicroEssentials® SZ 12-40-0-10-1.
2. El mayor rendimiento correspondió a la mayor dosis de fósforo.
3. No se alcanzó el rendimiento máximo fisiológico con las dosis de fertilizante evaluadas.
4. El análisis de suelo por Bray P1, diagnosticó adecuadamente la respuesta a fósforo en trigo.
5. La concentración foliar de fósforo tuvo alta correlación con el rendimiento de grano.
6. Dada la variabilidad en la disponibilidad de fósforo, es necesario realizar un muestreo más representativo del suelo y establecer un mayor número de repeticiones por tratamiento.

Referencias

Correndo, A.A. y F.O. García. 2016. Trigo 2016. Algunas pautas para el manejo nutricional del cultivo. International Plant Nutrition Institute IPNI. 9 p. http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/72A012E0C96ABC2F03257FA30074307E/$FILE/Trigo%202016%20-%20Pautas%20Nutrici%C3%B3n.pdf Consultado el 14/07/2016.

Cortés, J.J.M. y A.A. Ortiz. 2016. Disponibilidad de fósforo de fertilizantes orgánicos y químicos aplicados en trigo. Valle del Yaqui, Sonora, México. En: Aspectos de Agricultura Orgánica. Memoria del IV Foro Internacional de Agricultura Orgánica. Nuevo Vallarta, Nayarit. pp. 273-277.

Cortés, J.J.M. 2015. Fertilizantes químicos convencionales y de liberación lenta o controlada. *In:* Hernández-Tejeda, T. (Ed). Buenas prácticas para el uso de fertilizantes en México. Libro Técnico Núm. 9. CENID-COMEF, INIFAP. México, D. F. pp. 99-112.

Cortés, J.J.M., T. Ruiz, A. Ortiz, G. Zazueta y M. Rivera. 2012. Variabilidad de macro y micro elementos en el suelo y su relación con el rendimiento de trigo en el Valle del Yaqui, Sonora. Memoria de la XXIV Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. pp. 1015-1020.

Cortés, J.J.M., G. Fuentes, J.E. Ortiz, L.M. Tamayo, E. Cortez, A.A. Ortiz, P. Félix, y I. Armenta. 2011. Agronomía del trigo en el sur de Sonora. Libro Técnico No. 6. CENEB-CIRNO-INIFAP. Cd. Obregón, Sonora. 238 pp.

Cortés, J.J.M. y J.E. Ortiz. 2003. Fertilización y mejoradores de suelos. Memoria del Día del Agricultor 2003. Publicación especial No. 10. Campo Experimental Valle del Yaqui. INIFAP. pp. 22-23.

Siqueira GM, Vieira SR, Souza ZM, Dafonte J, Paz A. 2007. Utilización de herramientas estadísticas y geoestadísticas para optimización del muestreo de propiedades físicas del suelo. 6 p. https://www.researchgate.net/publication/242096533_UTILIZACION_DE_HERRAMIENTAS_ESTADISTICAS_Y_GEOESTADISTICAS_PARA_OPTIMIZACION_DEL_MUESTREO_DE_PROPIEDADES_FISICAS_DEL_SUELO. Consultado junio de 2016.

EFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS LÍQUIDOS EN EL SUELO, EN LA SOLUCIÓN DEL SUELO Y EN LAS HOJAS DE GUAYABO

De Luna-Jiménez, A.[1*]; Arredondo-Figueroa, J.L.[1]; Rocha-Ruíz, JR[1], Luna-Ruíz, J.deJ.[1]; De Lara-Martínez, J.[1]

[1]Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes, km 3 de la carretera Jesús María La Posta, apartado postal 2, Jesús María CP: 20900, Aguascalientes, México. Tel: 01(449) 910-74-00. Ext.8109

*Autor para correspondencia (lunaji@yahoo.com)

Resumen

El guayabo fue introducido hace más de un siglo al municipio de Calvillo, Aguascalientes y en 1948 al Cañón de Juchipila, Zacatecas, siendo en la actualidad la zona productora de guayaba más importante de México con 62.6% de la superficie plantada en el ámbito nacional. Con el objetivo de evidenciar el efecto de los abonos orgánicos líquidos en el suelo, solución del suelo y hojas de guayabo, se realizó el experimento durante 2014 y 2015 en una huerta de guayabo localizada en San Tadeo del municipio de Calvillo, Aguascalientes, México, con coordenadas 21°55´ Latitud Norte y 102°41´ Longitud Oeste a una altitud de 1,801 msnm. Se utilizaron 40 árboles de 2 años y medio de edad, plantados a una distancia de 7m x 7m con riego por micro-aspersión con dos aspersores por árbol, el gasto por emisor fue de 4 litros por hora y una frecuencia de aplicación de 1 vez por semana. Los tratamientos fueron: TéEF, TéES, TéEFS, TéCF, TéCS, TéCSF, AFF, AFS, AFFS, Sin abono (testigo). En el suelo los tratamientos redujeron la DA, incrementaron el porcentaje de MO. En la solución del suelo, incrementaron el contenido de nitrógeno, así como el Na, manteniéndose en los tratamientos pHs ligeramente alcalinos. En las hojas, los tratamientos incrementaron el contenido de K, así como el contenido de Na, Los resultados muestran efectos benéficos en el suelo, solución de suelo y foliares, siendo una buena alternativa para mejorar la producción de guayaba sin deterioro del suelo y amigable con el medio ambiente.

Palabras clave
Abonos orgánicos líquidos, guayabo, solución de suelo.

Introducción

El guayabo (*Psidium guajava* L.) pertenece a la familia Myrtaceae, representada por más de 70 géneros y 2,800 especies (Méndez, 1995). México, es considerado centro de diversidad de la especie por la gran variabilidad existente (De Luna, 2003). Su adaptación a diversos suelos y climas, puede estar asociada a la variabilidad genética existente en el país (Hayes, 1960). El guayabo fue introducido hace más de un siglo al municipio de Calvillo, Aguascalientes y en 1948 al Cañón de Juchipila, Zacatecas (Cortés, 1977), siendo en la actualidad la zona productora de guayaba más importante de México con 62.6% de la superficie plantada en el ámbito nacional (SAGARPA, 2008). Según la FAO-UNESCO los suelos en Calvillo, muestran degradación por mal uso de fertilizantes y empobrecimiento en materia orgánica. Existen evidencias del efecto benéfico de los abonos orgánicos líquidos en la reserva nutritiva del suelo y nutrición de la planta. El Agro (2007) reporta que en el

cultivo del arroz (*Oriza sativa* L.) se han logrado excelentes resultados en la calidad y rendimiento. Por su parte, León (2002), señala que en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), los mejores resultados de altura de planta se lograron a los 30 días.
Por su parte Cobiella *et al*. (1995), reportan que aplicando humus foliar a diferentes concentraciones en variedades de tomate (*Lycopersicum esculemtum* L.) y pimiento (*Capsicum annum* L.) bajo condiciones de campo, apreciaron un efecto positivo en la altura y ancho de hojas, diámetro de frutos, masa y grosor del pericarpio y rendimiento. Asimismo Oriol (1995), descubrió una respuesta positiva en plantas de pepino (*Cucumis melo* L.) en cuanto a rendimiento y calidad de los frutos. También Cervantes (2009), señala que las enmiendas húmicas mantienen un sistema radicular joven y vigoroso durante el ciclo de cultivo. En este mismo sentido, Scielo (2009), señala el efecto estimulante de los ácidos húmicos y fúlvicos en la formación de raíces al acelerar la diferenciación del punto de crecimiento. Según Young (1997), trabajando con abonos orgánicos encontró un efecto positivo en el crecimiento radicular de las plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L). Por ello, El objetivo del trabajo es evidenciar el efecto de los abonos orgánicos líquidos en el suelo, solución del suelo y hojas de guayabo.

Materiales y Métodos

Localización y características del lugar. El experimento se realizó durante 2014 y 2015 en una huerta de guayabo localizada en San Tadeo del municipio de Calvillo, Aguascalientes, México, con coordenadas 21°55´ Latitud Norte y 102°41´ Longitud Oeste a una altitud de 1,801 msnm. El clima es semi-cálido, con una precipitación media anual de 660 milímetros, de ocurrencia irregular, la temperatura media anual fluctúa entre 18 y 22 °C y una evapotranspiración potencial que alcanza valores de 2,500 mm por año. Tradicionalmente, en esta zona, se ha utilizado la extracción de agua subterránea con fines de riego, pero el recurso hídrico es escaso y de mediana calidad.
Selección de árboles. En la investigación se utilizaron 40 árboles de 2 años y medio de edad, plantados a una distancia de 7m x 7m con riego por micro-aspersión con dos aspersores por árbol, el gasto por emisor fue de 4 litros por hora y una frecuencia de aplicación de 1 vez por semana. En la huerta, se tomaron 10 hileras contiguas de árboles, dentro de cada hilera se etiquetaron cuatro árboles, formando 10 grupos de 4 plantas, a cada uno aleatoriamente se le asignó un tratamiento y cada árbol fue una unidad experimental, se procuró en lo posible que fueran uniformes en porte, frondosidad, forma de la copa y estado fitosanitario.
Muestreo de suelo. Fueron tomadas cuatro sub-muestras de suelo en el área que cubre la copa de los árboles a la mitad de distancia del tronco a la orilla de la copa, con orientación N-S y E-O a una profundidad de 0 a 20 cm, se utilizó una barrena tipo Oakfield para muestreo de suelo (38 mm diámetro X 216 mm largo), se depositó el suelo extraído sobre una manta, se mezcló manualmente y mediante cuarteos se dividió eliminando dos cuartos opuestos hasta dejar aproximadamente un kilo de muestra compuesta, de acuerdo con la NOM-021-SEMARNAT-2000. En el laboratorio las muestras se extendieron sobre papel absorbente para su secado a temperatura ambiente, con buena ventilación y a la sombra. Una vez secas, se pasaron por un tamiz marca Retsch de malla 2 mm, para obtener un tamaño homogéneo de partícula. A cada muestra se le determinó las variables: pH, con medidor de mesa modelo SM-3BW rango de pH 0.00-14.00 exactitud ±0.01, en una solución suelo:agua, 1:2 (p/v); CE, con conductímetro, modelo Amprobe WT-20 en término de sales solubles dS/m; CIC, por el método de acetato de amonio 1N, a pH 7, en referencia a la capacidad que tiene un suelo para retener y liberar iones positivos, gracias a su contenido en arcillas, la MO por el método de Walkley-Black (Nelson y Sommers, 1982); N con Destilación Semimicro-kjeldahl, P método Olsen, K se cuantificó por espectrofotometría de emisión de flama, Ca y Mg se cuantificaron por Acetato de amonio 1.0 N pH 7 y espectrofotometría de absorción atómica; Fe, Cu, Zn y Mn por DTPA y Absorción Atómica y B por Fotocolorimetría de Azometina-H.

Muestreo de la solución de suelo. Las muestras fueron extraídas con sonda de succión y se ingresaron al laboratório para su análisis. Las sondas constan de un cilindro de PVC unido a una cápsula porosa de porcelana de forma cilíndrica con terminal semiesférica, a través de la cual penetra la solución del suelo al aplicar una diferencia de presión mediante vacío. El cilindro de PVC está a su vez sellado por un tapón de goma, al que atraviesa un tubo de pequeño diámetro y paredes semirrígidas que se conectan al sistema de vacío. La muestra se recoge en recipiente de plástico con cierre hermético.
Antes de su instalación definitiva, se colocó la sonda en un recipiente con agua y, después de provocar vacío hasta 70-80 centibares (cbar), se dejó transcurrir 12 horas. Tras este período, se abrió la llave y se comprobó que la sonda mantuviera el vacío. La toma de muestras consistió en cargar la sonda, creando una depresión de 70 cbar 24 horas antes del siguiente riego y recogiendo la muestra un momento antes del mismo (Lao *et al*., 1996). El mecanismo como la solución de suelo pasa a la cápsula, es parecido al mecanismo de absorción pasiva de las plantas, esto hace que se pueda considerar como método de referencia cuando interviene un cultivo.
Muestreo foliar. El muestreo foliar se realizó 6 meses después de la poda y abonado orgánico para garantizar un estado nutrimental adecuado de las plantas tales como apariencia vigorosa y aspecto sano; ya que no se debe utilizar plantas que hayan estado sometidas a estrés, para ello, se tomaron de cada planta 20 hojas, recientemente maduras de la periferia y parte media de la copa de los árboles. Las muestras se colocaron en bolsas plásticas para su transporte al laboratorio en una hielera, luego, se lavaron con agua destilada y secaron al ambiente, con la finalidad de eliminar cualquier residuo que pudiera interferir con el análisis químico. Posteriormente, se pesaron en una balanza Mettler Pc 4400 (el peso se expresó en gramos ± 0.01) para obtener la masa fresca (MF), y se procedió a colocarlas en una estufa a 65°C por un tiempo de 24 a 48 horas hasta obtener masa constante y luego se molieron. Se tomó 1 g de la muestra obtenida de cada planta, conformando una muestra compuesta para cada grupo, la preparación de este material (muestra molida) y los métodos analíticos empleados se realizaron según los procedimientos señalados por la A.O.A.C (1990). Se determinó nitrógeno (N) por el método Kjendahl, fósforo (P) por el método de Meta-vanadato-molibdato de Amonio, potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y sodio (Na) por el método de Espectro Fotometría de Llama. Los resultados se expresaron como la concentración de minerales por masa seca (MS) (gramos de mineral/100 gramos de materia seca). Para el análisis estadístico se utilizó el paquete Minitab 17, se realizó análisis de varianza y pruebas de comparación de medias para las variables con resultados significativos ($P<0.01$) mediante la prueba Tukey 0.05.

Resultados y Discusión

Cuadro 1. Valores promedio de las variables del suelo, solución del suelo y foliares en los tratamientos experimentales.

	En el suelo		En la solución del suelo			En las hojas			
TRAT	Da	MO	**N**	**Na**	pH	P	Ca	K	Na
TéEF	1.080 b	2.66 ab	14.9 bc	32.9 b	6.9 b	0.17 ab	1.60 a	1.09 a	200.4 abc
TéES	1.112 ab	3.53 ab	14.0 bc	38.70ab	7.350ab	0.17 ab	1.10 ab	1.05 a	81.7 c
TéEFS	1.129 ab	3.33 ab	12.07 c	48.85a	7.675 a	0.15 b	0.96 ab	1.18 a	129.6 bc
TéCF	1.112 ab	4.07 a	16.27abc	36.25 ab	7.525 a	0.14 b	1.10 ab	0.94 ab	166.0 bc
TéCS	1.119 ab	3.66 ab	20.30 a	43.42 ab	7.400ab	0.13 b	0.89 ab	1.02 ab	243.0 abc
TéCSF	1.119 ab	2.52 ab	16.27abc	42.20 ab	7.675 a	0.19 ab	0.90 ab	1.05 a	199.7 abc
AFF	1.119 ab	1.98 b	15.40abc	35.42 b	7.500 a	0.15 b	0.76 b	0.98 ab	358.4 a
AFS	1.168 a	2.49 ab	15.92abc	33.93 b	7.850 a	0.15 b	0.74 b	0.69 b	317.6 ab
AFFS	1.169 a	2.32 ab	18.03 ab	35.00 b	7.675 a	0.19 ab	0.86 ab	0.68 b	175.5 bc
Testigo	1.168 a	2.42 ab	16.80abc	32.40 b	7.650 a	0.23 a	1.16 ab	0.68 b	301.3ab

TéEF=Té de Estiércol Foliar; TéES=Té de Estiércol Suelo; TéEFS=Té de estiércol Foliar y Suelo; TéCF=Té de Composta Foliar; TéCS=Té de composta Suelo; TéCSF=Té de Composta Suelo y Foliar; AFF=Abono de Frutas Foliar; AFS=Abono de Frutas Suelo; AFFS=Abono de frutas Foliar y Suelo; Testigo=Sin abono. Da=Densidad aparente (gr/cm^3) *probeta*, MO=Materia Orgánica % *Walkey y Black*, N= Nitrógeno Destilación Semimicro-kjeldahl, Na=Sodio, Absorción Atómica, pH medidor de mesa modelo SM-3BW. En las hojas, P=Fosforo por el método de Meta-vanadato-molibdato de Amonio, Ca= Calcio %, K=Potasio % y Na mg/kg, por Absorción Atómica. *Valores con la misma letra dentro de las columnas son estadísticamente iguales, Tukey (p=0.05).*

Densidad aparente: La densidad aparente con el abono de frutas, aplicado al suelo (AFS), así como aplicado al suelo y al follaje (AFFS), fue igual al testigo (sin abono), mientras que el resto de los tratamientos la redujeron (cuadro 1). Los valores bajos de densidad aparente son propios de suelos porosos, con buena circulación de atmósfera y agua y fácil penetración de raíces. La densidad aparente es una propiedad dinámica, que varía con las condiciones estructurales del suelo (Ruíz, 2012). Cerna (2005) menciona que la agregación en los suelos tiende a aumentar el espacio poroso por tanto disminuye la densidad aparente. Los valores altos de densidad aparente son propios de suelos compactos y poco porosos, con aireación deficiente e infiltración lenta del agua.

Materia orgánica. Con excepción de los tratamientos abono de frutas aplicado al follaje (AFF) y abono de frutas aplicado al follaje y al suelo (AFFS), en comparación al testigo (sin abono), los tratamientos incrementaron el porcentaje de MO en el suelo, destacando el té de composta aplicado al follaje (TéCF) que registró un incremento en 1.65% (cuadro 1). De acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000, que establece que un contenido medio de MO varía de 1.6-3.5%, se cataloga el valor de 2.4% como medio.

Nutrientes en la solución del suelo.

La concentración de nutrientes en la solución del suelo es generalmente baja. Se trata de un sistema dinámico donde continuamente las plantas están retirando nutrientes, mientras los sólidos minerales y la MO del suelo están liberando nutrientes.

Nitrógeno. El análisis de varianza registró diferencias significativas ($p<0.05$) entre los tratamientos estudiados, la prueba de Tukey 0.05, señala que los tratamientos té de composta aplicada al suelo (TéCS) y abono de frutas aplicado al follaje y al suelo (AFFS) incrementaron el contenido de

nitrógeno en la solución del suelo. El TéCS registró un contenido de nitrógeno superior al testigo de 3.5%, seguido del tratamiento AFFS con un incremento de 1.23%. Este resultado es importante porque representa la cantidad de nitrógeno potencialmente aprovechable, ya que su absorción depende del volumen radicular y de la eficiencia del transporte ya que se mueve en la solución por flujo de masa y la eficiencia de este mecanismo depende de que la cantidad de nutriente requerida sea pequeña o la concentración de nitrógeno en la solución sea alta.

Sodio. El análisis de varianza registró diferencias significativas ($p<0.05$) entre los tratamientos estudiados, la prueba de Tukey 0.05, señala que los tratamientos que incrementaron el Na en la solución fueron: té de estiércol aplicado al follaje y al suelo (TéEFS), té de composta aplicada al suelo (TéCS), Te de composta aplicada al suelo y al follaje (TéCSF), te de estiércol aplicada al suelo (TéCS) y te de composta aplicada al follaje (TéCF); las magnitudes de los aportes fueron: 16.45 mg/kg, 11.02 mg/kg, 9.80 mg/kg, 6.30 mg/kg y 3,85 mg/kg respectivamente.

pH. El análisis de varianza registró diferencias significativas ($p<0.05$) entre los tratamientos estudiados, la prueba de comparación de medias (Tukey 0.05), señala que con excepción del té de estiércol aplicado al follaje (TéEF) que registró un pH neutro, el resto de los tratamientos mostraron pHs ligeramente alcalinos.

Nutrientes en hojas de guayabo. En P, el análisis de varianza registró diferencias significativas ($p<0.05$) entre los tratamientos estudiados, la prueba de comparación de medias (Tukey, 0.05), señala diferencias entre tratamientos, pero el valor más alto corresponde al testigo (sin abono), lo que indica que no hay contribución de los abonos, este resultado informa que en las hojas los valores de concentración se encuentran próximos al límite inferior del rango de suficiencia (0.14-0.18 %).

En Ca, el análisis de varianza registró diferencias significativas ($p<0.05$) entre los tratamientos estudiados, la prueba de comparación de medias (Tukey, 0.05), señala diferencias entre tratamientos, el tratamiento té de estiércol aplicado al follaje (TéEF) aumentó en 0.44 %.

En K, el análisis de varianza registró diferencias significativas ($p<0.05$) entre los tratamientos estudiados, la prueba de comparación de medias (Tukey, 0.05), señala diferencias entre tratamientos, el té de estiércol aplicado al follaje (TéEF), incrementó en 0.41 %, el té de estiércol aplicado al suelo (TéES) en 0.39 %, el té de estiércol aplicado al suelo y al follaje (TéEFS) en 0.50 %, el té de composta aplicado al follaje (TéCF) en 0.26 %, el té de composta aplicado al suelo (TéCS) en 0.34 %, el té de composta aplicado al follaje y al suelo (TéCSF) en 0.37 % y el abono de frutas aplicado al follaje (AFF) en 0.30 %.

En Na el tratamiento abono de frutas aplicado al follaje (AFF), incrementó en 57.4 mg/kg. Estos resultados en apariencia contradictorios se deben a la época de muestreo, en guayabo (*Psidium guajava* L.), la composición nutrimental de las hojas varía con la edad y la posición de las mismas en los brotes, el tipo de brote (vegetativo o reproductor) y el estado fenológico del árbol (Singh y Rajput, 1978a).

Conclusiones

Los abonos orgánicos líquidos de fabricación artesanal: son una buena alternativa para la producción de guayaba por su bajo costo, contribuyen en mejorar la fertilidad del suelo y la nutrición de la planta. También son productos amigables con el medio ambiente por no causar efectos contaminantes.

Referencias

A.O.A.C. 1990. Official methods of the Association of Official Analytical Chemists. Washinton, D. C. U.S.A.

Cervantes F. Miguel. 2009. Abonos Orgánicos. Profesor Titular del Centro de Formación Profesional Agraria E.F.A. Campomar. http://www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos.htm

Consulta realizada el 14 de abril del 2009. 11H25.

Cortés. B., J. O. (1977). Ensayos de fertilización en guayaba (Psidium guajava L.) en el Cañon de Juchipila Estado de Zacatecas. *In: Memorias del II Congr. Nac. De Fruticultura*. Morelia, Michoacán. CONAFRUT. SARH, México, pp. 481-486.

De Luna, J. A. 2003. La guayaba en Calvillo Aguscalientes y factores que limitan su producción. *In*: J. S. Padilla R., L. Reyes M., E. González G., M.A. Perales de la C. (eds.). *Memoria. Primer Simposio Internacional de la Guayaba. Aguascalientes, México*. Diciembre del 2003. P. 184-197.

El Agro. 2007. Agricultores de Santa Lucia elaboran fertilizantes orgánicos. Edición Nº 130. Editorial Uminasa. Guayaquil – Ecuador. Pág. 62.

Hayes, W. B. 1960. The guava and it's relatives. Fruit growing in India. 3ra Edition, Kitabistan. Alla Habad, India. pp. 283-299.

Lao, M.T.; Jiménez, S.; Eymar, E.; Fernández, E.J. 2004. Nutrient levels of the soil solution obtained by means of suction cups in intensive tomato cultivation. *Revista Internacional de Botánica Experimental (Phyton)*, 73: 19-37.

León M. Geovanny. 2002. "Abonos orgánicos y su influencia en el cultivo de frejol (*Phaseolus vulgaris L.*) en el Cantón San José del Chimbo, Provincia de Bolívar." Tesis de Grado. Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil – Ecuador. Pág. 16.

NOM-021-SEMARNAT-2000.Norma Oficial Mexicana, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos .Estudio, muestreo y análisis. 31 de diciembre de 2002. 85 pp.

Scielo. 2009**.** Universidad de Tarapacá. Facultad de Ciencias Agronómicas. Arica – Chile. Casilla 6-D. Portal (en línea). http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071834292006000100009&script=sci_arttext

Rodríguez F. Pedro. 2009**.** Efecto del estiércol bovino y humus de lombriz sobre el crecimiento del pimiento. Portal (En línea).http://www.monografias.com/trabajos60/estiercol-bovino-productividad-pimiento/estiercol-bovino-productividad-pimiento.shtml

Singh, N. y Rajput. 1978a. Effect of leaf age and position and fruiting status on Guava leaf mineral composition, Journal of Horticultural Science 53:73-74.

IMPACTO DE BIOSOLIDOS EN SUELOS AGRICOLAS DEL VALLE DE JUAREZ, CHIHUAHUA

Flores-Margez, J.P.[1*]; Luna-Padilla, M.[1]; Corral-Díaz B.[1]; Osuna-Avila, P.[1], Flores-Arras, A.[2]

[1] Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez, Chihuahua. México.
[2] Servicios Agropecuarios Paso del Norte S.C., Ciudad Juárez, Chih., Mexico.

*Autor responsable: Juflores@uacj.mx, Calle Plutarco Elías Calles, Núm. 1210, Col. Foviste Chamizal, Ciudad Juárez, Chihuahua. México. CP 32310; Tel. +52 (656) 395-9420

Resumen

La necesidad de contar con información sobre los cambios en algunas propiedades del suelo en sitios tratados con biosólidos en el Valle de Juárez, Chihuahua, fue lo que motivo este estudio con el objetivo de determinar el contenido de nitrógeno total Kjeldahl, textura, alcalinidad y salinidad del suelo con y sin aplicación de biosólidos. El suelo colectado fue en cinco parcelas comerciales de 5 ha, las cuales fueron cultivadas con trigo y algodonero. Cilindros de aluminio con mezcla de suelo y biosolidos a dosis de 0, 15, 30 y 45 t/ha en base húmedo (70%) fueron instalados en forma adicional en dos parcelas para evaluar el impacto en el NTK del suelo. La variación detectada en alcalinidad del suelo fue 0.15 unidades de pH entre lotes tratados con biosolidos y el control. La conductividad eléctrica del suelo disminuyo en tres parcelas hasta 1.69 dS/m, mientras que en otro aumento 0.9 dS/m. La concentración de NTK se incrementó conforme la dosis aplicada en magnitudes de 40 y 98 mg/kg para la dosis de 30 t/ha de biosolidos en suelos de texturas franco-arenoso y franco-arcilloso. Estos datos se consideran estratégicos en el seguimiento de la adopción del uso de biosolidos como fertilizante orgánico y mejorador de suelos, para el cálculo de dosis agronómicas, lo cual en distritos de riego con aguas residuales tiene especial impacto en la productividad de los suelos.

Palabras clave
Alcalinidad, salinidad, nitrógeno orgánico.

Introducción

Los biosólidos son lodos que provienen del tratamiento de aguas residuales y por su alto contenido en materia orgánica y nutrimentos, estos son susceptibles de aprovechamiento en suelos agrícolas cuando cumplen la legislación ambiental (US-EPA, 1999; NOM-004-2002; Castillo *et al*., 2010). La producción de este material orgánico ha ido en aumento debido al crecimiento demográfico y mayor volumen de tratamiento de aguas residuales. La disposición final de los biosólidos actualmente en Ciudad Juárez, Chihuahua es el confinamiento de relleno sanitario, pero se han realizado avances importantes con aplicaciones en agricultura. Al concentrar grandes volúmenes de lodos en el relleno sanitario se corre el riesgo de una contaminación superficial y subterránea por lixiviación de algunos contaminantes como nitratos, compuestos orgánicos y metales pesados que pueden llegar hasta el acuífero (Oldare *et al*., 2007; Potisek *et al.*, 2010). Debido al efecto benéfico planteado en previas investigaciones se ha comprobado que los biosólidos son benéficos como fertilizantes (Sullivan *et al*., 2015; Flores *et al.*, 2007; Flores *et al*., 2010). Dado que los productores han adoptado el uso de biosolidos y aplican dosis variables, así como y métodos de aplicación e incorporación tanto seco como húmedos, no se cuenta con información sobre los cambios en las propiedades del suelo en sitios

tratados con biosólidos en el Valle de Juárez, Chihuahua. Por ello el objetivo fue determinar el contenido de nitrógeno total Kjeldahl (NTK), textura, alcalinidad y salinidad de suelos con y sin aplicación de biosolidos.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en el Valle de Juárez, Chihuahua localizado entre los 31° 37' y 31° 07´ de Latitud Norte, y entre los 106° 41´ y 105° 39´ de Longitud Oeste, a una altitud promedio de 1,120 metros sobre el nivel medio del mar. Cinco parcelas comerciales de 5 ha fueron seleccionadas por haber tenido aplicación de biosolidos durante los ciclos agrícolas primavera verano y otoño invierno 2014-2015 (Cuadro 1). Los principales cultivos en la región son algodonero, trigo, alfalfa, sorgo, nogal y praderas de riego. Cada parcela fue inspeccionada para comprobar que reúne los lineamientos de la Norma que legisla el uso de biosólidos (NOM-004-SEMARNAT-2002). Los biosólidos generados en las plantas de tratamiento de agua residual fueron mediante digestión anaeróbica y tuvieron 70% de humedad al momento de la aplicación en campo. La esparcidora utilizada para aplicación de biosólidos fue marca Knight 8030 Pro Twin Slinger facilitada por la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Ciudad Juarez. El transporte de los biosólidos desde la planta de tratamiento al terreno fue con camiones sellados que realizan convencionalmente y fue vigilado para evitar derrames del material durante el traslado y así evitar atracción de vectores y posibles riesgos a las personas y animales domésticos. Las dosis aplicadas fueron variables según el cultivo y tipo de suelo, de 26 a 30 t/ha base húmedo, el contenido de NTK de los biosólidos fue 5%. El muestreo de suelo fue hasta después del segundo cultivo y se realizó en zigzag mediante la colecta de tres muestras compuestas (nueve submuestras) en área con aplicación de biosólidos y en el control a una profundidad de 0 a 30 cm. Además, se evaluaron dosis de biosolidos en cilindros de aluminio en campo para determinar el aumento de nitrógeno total Kjeldahl (NTK). El análisis de textura de suelos fue mediante el método de Boyoucos (Bouyoucos, 1962), nitrógeno total mediante digestión acida (Bremner, 1996), el pH y la conductividad eléctrica del suelo en pasta de saturación con electrodo y conductivimetro (Rhoades, 1996).

Cuadro 1. Textura de suelo, cultivos y ubicación de las parcelas tratadas con biosolidos.

Localidad	**Cultivo**	**Densidad aparente**	**Arena**	**Limo**	**Arcilla**	**Textura**
		t/m^3	----------% ----------			
San Isidro, Oeste	Trigo	1.65	44.92	18.00	37.08	Arcillo-arenoso
San Isidro, Este	Trigo	1.65	39.92	25.00	35.08	Franco-arcilloso
J. Carranza, pacas	Trigo	1.29	22.92	26.00	51.08	Arcilloso
J. Carranza, canal	Trigo	1.30	28.92	48.72	22.36	Franco
Vado de Cedillos	Algodonero	1.59	19.92	57.72	22.36	Franco-limoso

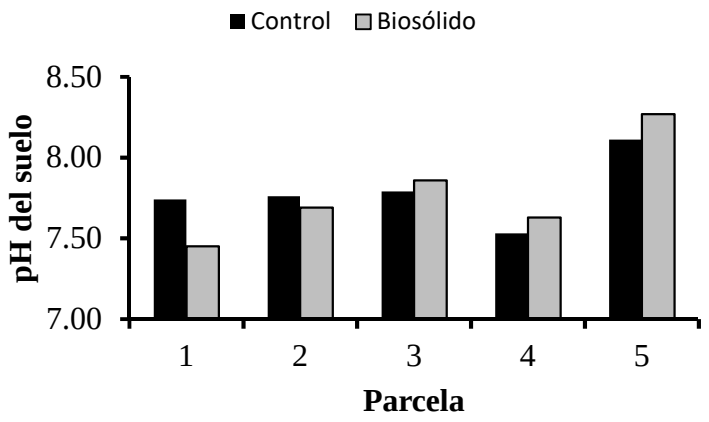


Figura 1. Alcalinidad del suelo en cinco parcelas comerciales con y sin aplicacion de biosolidos.

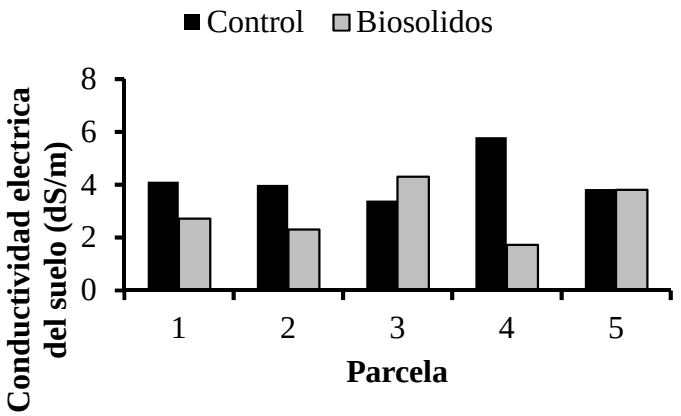


Figura 2. Salinidad del suelo en cinco parcelas comerciales con y sin aplicacion de biosolidos.

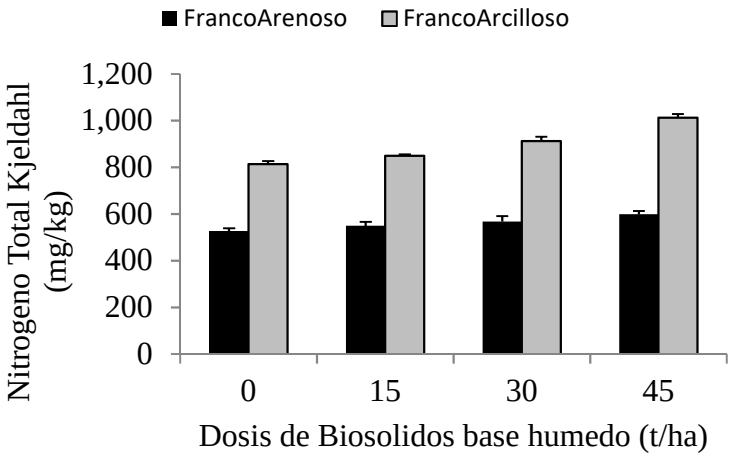


Figura 3. Nitrogeno total Kjeldahl del suelo para cuatro dosis de biosolidos.

Resultados y Discusión

Dada la naturaleza aluvial de los suelos en el Valle de Juárez, Chihuahua, fue evidente la detección de alta variabilidad de texturas (Cuadro 1). La textura es una propiedad que no se modifica con aplicaciones sencillas y dosis bajas de biosolidos, sin embargo sucesivas aplicaciones pueden causar cambios. El pH del suelo fue ligeramente alcalino y vario de 7.45 a 8.27 en las parcelas evaluadas (Figura 1). Las diferencias observadas al aplicar biosolidos fue aumento del pH entre 0.07 y 0.16 unidades en tres parcelas, mientras que en las otras dos se redujo en 0.15 en promedio. También la tendencia de la salinidad fue variable, ya que con la aplicación de biosolidos disminuyo entre 0.02 y 1.69 dS/m en tres parcelas, en otra la reducción fue dramática en 4 dS/m la cual habría que seguirla monitoreando, mientras que en otra parcela la conductividad eléctrica aumento 0.9 dS/m (Figura 2). La concentración de NTK aumento en 22, 40 y 71 mg/kg para las dosis de 15, 30 y 45 t/ha en el suelo franco arenoso, mientras que el aumento detectado en las mimas dosis fue de 35, 98 y 198 mg/kg, respectivamente para el suelo franco arcilloso (Figura 3). Esto coincide con el impacto en las propiedades químicas del suelo descritas por Pepper *et al.,* (2008) en el aspecto que a largo plazo otros elementos como fosforo y carbono orgánico se incrementan con la aplicación de biosolidos. Dado que estos resultados son al final del cultivo, habría que considerar lo mineralizado en cuatro a cinco meses, por ello estos datos indican que por cada 15 t/ha de biosolidos, el NTK aumenta 219 y 430 kg/ha de NTK en los suelos franco arenoso y franco arcilloso, respectivamente. También este balance sugiere que si se considerara un 50% de mineralización del biosólidos, entonces la aplicación realizada como NTK fue de 438 y 860 kg/ha, además la menor cantidad de NTK detectada indicaría que el suelo franco arenoso permitió mayor mineralización o descomposición del biosolidos en el ciclo de cultivo.

Conclusiones

La aplicación de dosis agronómica de biosolidos que provienen de sistemas de digestión anaeróbica evaluadas en este estudio durante un ciclo agrícola, no modifica de manera significativa la alcalinidad y salinidad del suelo. La concentración de NTK aumento conforme la dosis aplicada en el ensayo de cilindros en magnitudes de 40 y 98 mg/kg en dosis de 30 t/ha de biosolidos para suelos franco arenosos y franco arcillosos. Estos valores son importantes en el seguimiento de trabajos de investigación y validación en áreas comerciales. El impacto observado al aplicar biosolidos indica la necesidad del monitoreo continuo de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos para una productividad sustentable y reducir riesgos de contaminación o exceso de nutrientes.

Agradecimientos

Gracias a la COCEF y US- EPA programa frontera 2020, Convenios con la UACJ: TAA14-028 y TAA16-016 por el financiamiento de los proyectos en 2014 y 2016. Se agradece la colaboración de los agricultores que han aplicado biosolidos en sus parcelas y siguen apoyando el proyecto para formar una comisión de uso de biosolidos. En especial, gracias al Sr. Hipólito Estrada Collazo, Sr. Enrique Prieto, Sr. Fidel Mendoza, Sr. Osbaldo Beanes y Sr. Juvenal Rodela Campos.

Referencias

Bouyoucos, G. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agron. J. 54: 646-665.

Bremner, J. M. 1996. Methods of soil analysis Part 3. Regular Kjeldahl method using block digester. Soil Science Society of America Book Series. American Society of Agronomy. Madison, WI, USA.

Castillo, M.S., L. E. Sollenberger, J. M.B. Vendramini, K. R. Woodard, J. T. Gilmour, G. A. O'Connor, Y. C. Newman, M. L. Silveira, and J. B. Sartain. 2010. Municipal Biosolids as an Alternative Nutrient Source for Bioenergy . Crops: II. Decomposition and Organic Nitrogen Mineralization. Agronomy J. 102:1314-1320.

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

Flores, M.J.P., M. Z. Poncio A., E. Salas G., F. Pérez C., A. Y. Corral A., E. Salazar S. y H.I. Trejo E. 2010. Mineralización de nitrógeno de biosolidos estabilizados con cal. Terra Latinoamericana 28: 307-317.

Oldare, M., M. Pell, and K. Svennson. 2007. Changes in soil chemical and microbiological properties during 4 years of application of various organic residues. Waste management. 28:1246-1253.

Olsen, S.R. and Sommers L.E. Methods of soil analysis. Argon. 9 Part 2. 2nd ed. 1982. En: Page A.L. et al. (Eds) 403-430. ASA-SSSA. Madison, Wis.

Pepper, I.L., H. Zerzghi, J.P. Brooks, and Ch. P. Gerba. 2008. Sustainability of land application of class B biosolids. J. Environ. Qual. 37:58-67.

Potisek, T.M.C., U. Figueroa V. y R. Jasso I. 2009. Agua, saneamiento, reutilización y aprovechamiento de biosolidos. CENID RASPA, INIFAP. Informe técnico, Torreón, Coah.217 – 225 p.

Rhoades, J. D. 1996. Salinity: electrical conductivity and total dissolved solids. pp. 417-435. *In*: J.M. Bartels *et al*. (eds.). Methods of soil analysis. Chemical methods. Part 3. 3rd ed. SSSABook series 5. Soil Science Society ofAmerica. Madison, WI, USA.

SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos naturales). 2002. Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-004- ECOL-2001, Protección ambiental.- Lodos y biosólidos.- Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. México, D. F.

Sullivan, D.M., C.G. Cogger, and A.I. Bary. 2015. Fertilizing with biosolids. Oregon State University. https://catalog.extension.oregonstate.edu/sites/catalog.extension.oregonstate.edu/files/project/pdf/pnw508_0.pdf. Consultado 1 Junio 2016.

USEPA. 1999. Biosolids, generation, use and disposal in the United States. EPA530-R-99-009. USEPA, Washington, DC.

CARBONO ORGÁNICO EDÁFICO EN SISTEMAS AGROFORESTALES DE CACAO EN EL MUNICIPIO DE COMALCALCO, TABASCO (AVANCES)

Francisco-Santiago, S.P.[1]; Sánchez-Hernández, R.[1*]; Valdés-Velarde, E.[2]; López-Noverola, U.[1]; Juárez-Méndez, M.[1]

[1]División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. México.
[2]Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. México.

*Autor responsable: rusaher@hotmail.com; Carretera Villahermosa-Teapa km 25, Ranchería La Huasteca, Municipio del Centro, Tabasco. México. CP 86280; Tel. +52 (993) 358 15 85; 142 91 51

Resumen

El objetivo de la investigación fue determinar los stocks de carbono de los suelos del Sistema Agroforestal de Cacao (SAFC) en el municipio de Comalcalco, Tabasco. Mediante un Sistema de Información Geográfica, se identificaron los polígonos de suelos cultivados con este uso; se determinó que los SAFC se distribuyen en cuatro grupos de suelos. Se eligieron los Cambisols (CM) y Fluvisols (FL) por ser los más importantes en superficie. Para cada suelo se describió un perfil representativo y se seleccionaron cuatro SAFC de edad similar. En 10 sitios de cada parcela, se muestreó el suelo a tres profundidades (0-10, 10-20 y 20-30 cm), y se determinaron las variables textura, densidad aparente y carbono total (C). Se concluye que los CM y FL sobre los que se distribuyen los SAFC presentan texturas migajón arcillosa y contienen porcentajes similares de C; aunque en la capa de suelo 0-10 cm del CM se acumula mayor porcentaje de C con respecto a la misma capa del FL. Ambos suelos presentaron un gradiente de distribución vertical del C, que va de mayor a menor a partir de la superficie. Se determinó que el 62 y 55% del C se acumulan en la capa 0-10 cm en CM y FL respectivamente. El C acumulado afectó favorablemente la ρ_b, observando que esta variable fue menor en la capa 0-10 cm. La acumulación de C en CM se calculó en 61.14 Mg C ha^{-1}, mientras que en FL dicha acumulación fue de 53.27 Mg C ha^{-1}.

Palabras clave
Theobroma cacao L.; Cambisols; Fluvisols

Introducción

Actualmente, el incremento de las concentraciones de dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera, es uno de los temas ambientales que más ha llamado la atención entre la comunidad científica. El incremento en la concentración de este gas fue de 1.5 ppm $año^{-1}$ en los últimos dos decenios del siglo XX; mientras que en los años 90's, la tasa anual aumentó de 0.9 a 2.8 ppm. Este aumento del CO_2 atmosférico, ha provocado un acelerado calentamiento en la atmósfera, que está provocando una serie de alteraciones en los patrones climáticos de nuestro planeta (IPCC, 2008); a este fenómeno se le ha denominado Cambio Climático Global (CCG). Como estrategia para mitigar el fenómeno antes mencionado, se han identificado los almacenes donde se puede capturar el CO_2 para reducir sus emisiones; de esta manera se estima que el contenido de carbono orgánico (CO) en el suelo, llega a superar en dos ó tres veces los depósitos de carbono (C) de la biomasa aérea (Etchevers *et al*., 2001),

mientras que las reservas de C total en el suelo representan 75% del C almacenado en los ecosistemas terrestres (Lal, 2007). Los mecanismos de fijación del C edáfico son diversos, incluyen la protección química mediante las interacciones inter moleculares entre las fracciones de la materia orgánica del suelo (MOS) y las fracciones inorgánicas (Lützow *et al*., 2006); así como la protección física del C dentro de las estructuras del suelo (Six *et al*., 2004). Por lo tanto, una de las condiciones necesarias para que ocurra la fijación y almacenamiento del C, es evitar la perturbación de la capa arable. El Sistema Agroforestal de Cacao (SAFC), se caracteriza por mantener durante décadas un dosel arbóreo, y un suelo que se mantiene sin perturbar; ambas condiciones hacen de este sistema un almacén potencial de C. Al respecto, Cassano *et al.* (2009) señalan que los SAFC se han convertido en una estrategia que permite conciliar los intereses de la producción agrícola, con la conservación de los recursos naturales en los trópicos. Algunas investigaciones recientes han documentado los efectos que los SAFC tienen sobre los indicadores de fertilidad del suelo; se sabe que las propiedades físicas y químicas son afectadas favorablemente en la capa superficial de 0-20 cm, debido a la conservación de importantes cantidades de C, por lo que después de seis años de establecido el SAFC, las propiedades edáficas tienen a estabilizarse en niveles similares a la de los bosques secundarios en su estado natural (Arévalo-Gardini *et al.*, 2015). El SAFC tiene un gran arraigo en el estado de Tabasco desde épocas prehispánicas, y aún sigue ocupando un lugar importante en la economía de la entidad, esto a pesar de que en los últimos años se ha registrado una disminución en la superficie cultivada; el SIAP (2015) reportó que en el año 2004 en el estado de Tabasco se encontraban establecidas 60,006 ha; superficie que se redujo a 40,782 ha en 2013. Díaz-José *et al.* (2013) documentó una reducción del 43.7% en la producción de cacao en México, durante el periodo de 2000-2011; particularmente debido a problemas fitosanitarios como la moniliasis (*Moniliophthora roreri*). La distribución del SAFC en Tabasco ocupa once municipios; de estos, Comalcalco es el líder tanto en superficie sembrada como en producción, registrando para 2013 una superficie cultivada de 11,055 ha (SIAP, 2015). La deforestación del SAFC causa pérdidas en la economía de Tabasco, en particular del municipio de Comalcalco; pero no solo eso, provoca un desequilibrio ambiental, al reducir la capacidad de almacenamiento de C (Barrón-García *et al*., 2014). Por la importancia económica y ambiental que tiene el SAFC, el objetivo de esta investigación fue determinar los stocks de carbono de los suelos cultivados con cacao en el municipio de Comalcalco, Tabasco.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en el municipio de Comalcalco, Tabasco, principal productor de cacao en el estado, su ubicación geográfica se localiza entre las coordenadas geográficas 18°12'0''y 18°24'0'' N; 93°26'0'' y 93°6'0'' W (Figura 1). En una primera etapa de la investigación, se realizaron recorridos de campo y se geo posicionaron 100 parcelas correspondientes al SAFC. Como base de referencia geográfica se utilizó un mapa de suelos de Tabasco, escala 1:250 000, obtenido bajo el enfoque geomorfopedológico (Jiménez, 2013). Sobre este mapa se sobrepuso una capa de vegetación mediante el sistema de información geográfica ArcGis, Versión 9.3; se delimitó la porción territorial correspondiente al municipio de Comalcalco, y ubicaron las coordenadas de los puntos geo posicionados durante la primera etapa; por interpolación se identificó la distribución de los SAFC sobre los diferentes grupos de suelos; de estos se seleccionaron los dos grupos de mayor superficie (Figura 1); en cada uno de ellos se describieron los perfiles de los suelos característicos de acuerdo a la base referencial mundial del recurso suelo (WRB) versión 2014 (IUSS, Working Group WRB, 2015), y se seleccionaron cuatro parcelas de edad similar. En cada parcela se ubicaron 10 puntos de muestreo (PM); en cada PM se colectaron dos series de muestras de suelos. La primera serie se colectó a una profundidad de 0-30 cm de profundidad; dichas muestras fueron secadas a la sombra, trituradas en un mortero de porcelana y tamizadas a un tamaño de partícula de 1 mm, con estas muestras se

determinó la textura mediante del método de Bouyoucos (Day, 1965). La segunda serie de muestras se tomaron con un cilindro de volumen conocido; en cada PM se tomaron muestras a tres profundidades (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm). Las muestras fueron secadas en una estufa de aire forzado a 105°C, hasta obtener peso constante de la muestra; el peso seco de la muestra fue relacionado con el volumen del cilindro, para determinar la densidad aparente (ρ_b) (Blake y Hartge, 1986). Las muestras secas fueron trituradas y tamizadas para determinar el porcentaje de C total mediante un equipo TOC de la marca Perkin Elmer; el valor de la ρ_b se utilizó para transformar los resultados del C en valores de Mg de C por hectárea (Mg C ha^{-1}). Los datos recabados fueron analizados a través de análisis de varianzas, pruebas de comparación de medias de Tukey y análisis de correlación, a través del paquete estadístico SAS para Windows versión 6.12 (SAS Institute, 1999).

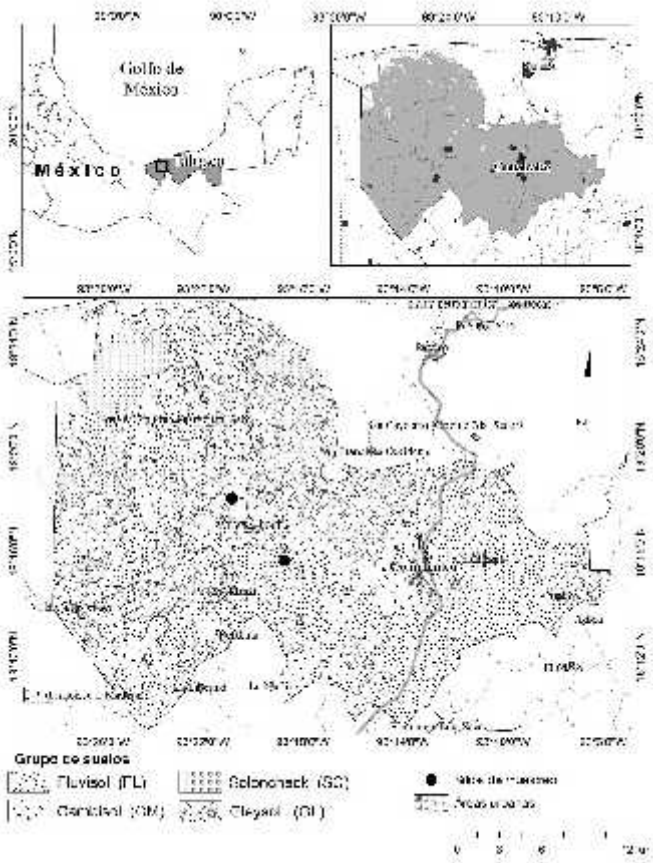


Figura 1. Ubicación del área de estudio, municipio de Comalcalco, Tabasco. Se representan los grupos de suelos, y los sitios donde se describieron los perfiles de suelos.

Resultados y Discusión

Con el análisis de imágenes se determinó que los SAFC se distribuyen en cuatro grupos de suelos, Gleysols (GL), Solonchaks (SC), Cambisols (CM) y Fluvisols; principalmente en CM y FL. A través de una descripción de perfiles, se corroboró la clasificación de estos dos últimos de acuerdo a la WRB (2014); clasificándose ambos como eutric gleyic Fluvisols (clayic humic) y eutric fluvic gleyic Cambisols (Clayic) respectivamente.

El análisis de correlación reveló un ligero incremento de la de ρ_b conforme se incrementó la profundidad del suelo (r=0.64; Prob. ≤0.0007), por lo que se observó en ambos casos, que la ρ_b fue

más baja en la capa 0-10 cm, con respecto a las capas de 10-20 y 20-30 cm, respectivamente. En el CM no se observaron diferencias estadísticas entre las fracciones arcilla, arena y limo; mientras que en el FL, la fracción limo se distinguió con mayores contenidos en las profundidades 0-10 y 10-20 cm, con respecto a la profundidad de 20-30 cm. Esta distribución porcentual de los separados del suelo, no tuvo una influencia significativa sobre la ρ_b en ninguno de los dos suelos (Cuadro 1).

Suelo	Profundidad (cm)	ρ_b (Mg m^{-3})	Arcilla	Arena	Limo	C total	Mg C ha^{-1}
			----------(%)----------				
CM	0-10	1.15 b	35.75	26.00	38.25	3.32 a	38.18 a
	10-20	1.32 a	38.00	26.00	36.00	1.08 b	14.25 b
	20-30	1.30 a	39.25	24.25	36.50	0.67 c	8.71 c
	Promedio	1.26	37.66	25.42	36.92	1.69	Σ 61.14
FL	0-10	1.12 b	36.50	26.25	37.25 a	2.63 a	29.45 a
	10-20	1.27 a	38.75	26.50	34.75 ab	1.12 b	14.22 b
	20-30	1.28 a	38.00	29.25	32.75 b	0.75 b	9.6 c
	Promedio	1.22	37.75	27.33	34.92	1.50	Σ 53.27

Cuadro 1. Comparación de medias entre grupos de suelo y profundidad de las variable estudiadas en los SAFC del municipio de Comalcalco Tabasco.
[§] Letras diferentes indican diferencia estadísticamente significativa ($p<0.05$).

En cuanto a la concentración del C, no se observaron diferencias estadísticas entre ambos grupos de suelo; mientras que sí se observaron diferencias estadísticamente significativas entre profundidades; tanto en CM como en FL, las mayores concentraciones de C se registraron en las capas superiores del suelo; sin embargo en el caso del FL solamente la capa 0-10 cm registró significancia estadística, siendo más alta que las dos capas inferiores; mientras que en el CM, las tres capas fueron diferentes estadísticamente, observándose un gradiente de disminución del C conforme se incrementó la profundidad; lo anterior se puso en evidencia a través del análisis de correlación ($r=-0.80$; Prob. ≤ 0.0001). Al respecto, Wei *et al.* (2012) señalan que del total del CO localizado en el primer metro de profundidad en agroecosistemas como pastizales, más del 50%, se encuentra en los primeros 20 cm; mientras que en el caso de la vegetación secundaria, la concentración del CO en esta capa, oscila entre 23-31%. Esta concentración diferenciada del C en las diferentes profundidades del suelo, tuvo una clara correlación sobre la variable ρ_b ($r=-0.65$; Prob.≤ 0.0006), por lo que en ambos suelos, la ρ_b fue más alta en la capa 0-10 cm con respecto a las dos capas inferiores; resultado que es congruente con lo reportado por Nascente *et al*. (2015). Con los datos de C total y la ρ_b, el C acumulado en Mg C ha^{-1} se determinó que en ambos suelos, la acumulación de C presenta un gradiente de acumulación que va de las capas superiores a los estratos más profundos. Aunque no se observaron diferencias estadísticas entre los stocks de C de los CM y FL, se determinó que la capa 0-10 de suelo del CM acumuló una mayor cantidad con respecto a la misma capa de los FL. Esa diferencia permite que el CM acumulara 61.14 Mg C ha^{-1}, mientras que el FL registró una acumulación de 53.27 Mg C ha^{-1}. Al respecto, Gama-Rodrigues *et al.* (2010) señalan que dependiendo el tipo de árboles de sombra que se utilicen, el SAFC puede llegar a almacenar entre 90.4-127.3 Mg C ha^{-1}; cantidad superior a la que pueden acumular los bosques naturales que es de 67.7 Mg C ha^{-1}.

Conclusiones

En el municipio de Comalcalco, Tabasco, los SAFC se distribuyen principalmente en suelos CM y FL, ambos suelos se caracterizaron por presentar una textura migajón arcillosa dominada principalmente por arcillas y limos. Los resultados obtenidos permiten precisar que ambos, pueden contener porcentajes similares de C, aunque en la capa de suelo de 0-10 cm, el CM acumuló un

porcentaje ligeramente mayor con respecto a la misma capa del FL. En ambos grupos de suelos, se observó un gradiente en la distribución vertical del C, que va de mayor a menor desde la superficie hacia los estratos inferiores. Se determinó que con respecto a la capa de 0-30 cm de profundidad del suelo, el 62 y 55% del C se acumulan en la capa de 0-10 cm en CM y FL, respectivamente. El C edáfico acumulado tuvo un afecto favorable sobre la ρ_b, por lo que en la capa superior de 0-10 cm, se observó una reducción de esta variable física. La acumulación de C en los CM se calculó en 61.14 Mg C ha^{-1}, mientras que en el FL dicha acumulación fue de 53.27 Mg C ha^{-1}.

Agradecimientos

Los autores agradecen al fondo institucional PFI-UJAT por el financiamiento del proyecto "Estimación del potencial de almacenamiento de carbono en el agroecosistema cacao en el estado de Tabasco, con clave de registro UJAT 2014-IA-12; al Ing. Edgar D. Shirma Torres por su apoyo en el procesamiento de las imágenes, así como a los productores cooperantes por las facilidades otorgadas al proyecto.

Referencias

Arévalo-Gardini, E., Canto, M., Alegre, J., Loli, O., Julca, A., Baligar, V. 2015. Changes in soil physical and chemical properties in long term improved natural and traditional agroforestry management systems of Cacao genotypes in Peruvian Amazon. PloS one,10(7): e0132147.

Barrón García, Y.P., Azpeitia Morales, A., Andrade, L., Alejandro, P., Mirafuentes-Hernández, F. 2014. Metodología adaptada para la formación de híbridos F1 de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco.Revista mexicana de ciencias agrícolas, 5(5): 765-777.

Blake, G.R. and K.H. Hartge. 1986. Bulk density. *In*: A. Klute (*Ed.*). Methods of soil analysis, Part I. Physical and mineralogical methods, 2nd ed. American Society of Agronomy and SSSA. Agronomy Monograph. Madison, Wisconsin, USA, n° 9, 363-375 pp.

Cassano, C.R., Schroth, G., Faria, D., Delabie, J.H., Bede, L. 2009. Landscape and farm scale management to enhance biodiversity conservation in the cocoa producing region of southern Bahia, Brazil. Biodiversity and Conservation, 18(3): 577-603.

Day, R.P. 1965. Hydrometer method of particle size analysis. pp: 545-552. In: Methods of soil analysis. Agronomy 9. ASA. USA.

Díaz-José O., J. Aguilar-Ávila, R. Rendón-Medel, V.H. Santoyo-Cortés. 2013. Current state of and perspectives on cocoa production in Mexico. Ciencia e Investigación Agraria, 40 (2): 279-289.

Etchevers B., J.D., M. Acosta M., C. Monreal, K. Quednow y L. Jiménez. 2001. Los stocks de carbono en diferentes compartimientos de la parte subterránea en sistemas forestales y agrícolas de ladera en México. In: Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales. 18 al 20 de Octubre de 2001. Valdivia, Chile. 19 p.

Gama-Rodrigues, E. F., Nair, P. R., Nair, V. D., Gama-Rodrigues, A. C., Baligar, V. C., Machado, R. C. (2010). Carbon storage in soil size fractions under two cacao agroforestry systems in Bahia, Brazil. Environmental management, 45(2), 274-283.

IPCC. 2008. Report of the 29th session of the IPCC. Geneva, 31 August - 4 September. pp.53.

IUSS Working Group WRB, 2015. Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos. Roma, Italia. 106 p.

Jiménez Ramírez, R. 2013. Clasificación y caracterización de suelos de Tabasco con base en el enfoque geomorfopedológico. M.SC. Thesis. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas Tabasco, México. 158 p.

Lal, R. 2007. World soils and global issues. Soils Tillage Res. 97: 1–4.

Lützow, M. V., Kögel Knabner, I., Ekschmitt, K., Matzner, E., Guggenberger, G., Marschner, B., Flessa, H. 2006. Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions–a review. European Journal of Soil Science 57 (4): 426-445.

Nascente Adriano Stephan, Yuncong Li, Carlos Alexandre Costa Crusciol. 2015. Soil aggregation, organic carbon concentration, and soil bulk density as affected by cover crop species in a no-tillage system R. Bras. Ci. Solo 39:871-879

SAS Institute. 1999. SAS/STAT. Guidefor personal computer. Ver. 6.12. Cary, NC, USA. 889 p.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2015. Consulta en línea: www.siap.gob.mx. Fecha de consulta: 5 de Julio de 2016.

Six J., Bossuyt, H., Degryze, S. and Denef, K. 2004. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics, Review. Soil & Tillage Research 79:7-31.

Wei Jie, Jimin Cheng, Weijun Li, Weiguo Liu. 2012. Comparing the Effect of Naturally Restored Forest and Grassland on Carbon Sequestration and Its Vertical Distribution in the Chinese Loess Plateau. PLoS ONE 7(7): e40123. doi:10.1371/journal.pone.0040123

RIZOBACTERIAS SOLUBILIZADORAS DE FÓSFOROS CON ACTIVIDAD ANTAGÓNICA *IN VITRO* CONTRA *Colletotrichum. gloeosporioides*

González-Carreón, M.[1]; Barrera-Galicia, G.C.[2]; Peña-Cabriales, J.J.[2*]
[1] Instituto Tecnológico Superior de Abasolo [2]Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Unidad Irapuato. Departamento de Biotecnología y Bioquímica. Laboratorio de Microbiología Ambiental. Irapuato, Guanajuato. México.
*Autor responsable: jpena@ira.cinvestav.mx; Km. 9.6 Libramiento Norte, Carretera Irapuato-León. Col. El Copal, Irapuato, Guanajuato. México. C.P. 36821 Tel. +52(462)-623-9600 extensión 9443.

RESUMEN

Las Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal mejoran el crecimiento y desarrollo de las plantas a través de diversos mecanismos, incluyendo la producción de fitohormonas, la solubilización de hierro y fosforo y la supresión de patógenos. En el presente estudio se analizó la solubilización de fósforo en dos RBPCV (colección Laboratorio de Microbiología Ambiental CINVESTAV-UI) así como su actividad antagónica *In vitro* contra el hongo fitopatógeno *Colletotrichum gloeosporioides* (ATCC MYA 456). Se determinó que la cepa identificada previamente como *Burkholderia* sp. MSR2 presentó la mayor solubilización de fósforo (203 ± 15.6 mg/L) y el mayor porcentaje de inhibición del patógeno (24.5 ± 2.1%) sin embargo no se demostró que exista una relación entre ambas actividades.

PALABRAS CLAVE: Promoción de crecimiento, solubilización de fósforo, antagonismo.

INTRODUCCIÓN

Se denomina rizósfera al espacio o área influenciada por la raíz de las plantas. Dicho espacio se caracteriza por formar importante nicho ecológico para los microorganismos debido a la presencia de exudados radiculares ricos en azucares, ácidos orgánicos y aminoácidos (Lugtenberg y Dekkers, 1999). El espacio rizosférico está constituido por una importante diversidad microbiana que incluye hongos, bacterias, protozoarios y algas. Los microorganismos que habitan la rizósfera pueden ser clasificados de acuerdo al efecto que producen en las plantas y la manera en que interactúan con las raíces de las mismas Las Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal mejoran el crecimiento y desarrollo de las plantas a través de diversos mecanismos, incluyendo la producción de fitohormonas, la solubilización de hierro y fosforo (P) y la supresión de patógenos

El objetivo del presente trabajo fue determinar si rizobacterias con actividad de promoción de crecimiento vegetal directa poseen además una forma indirecta de promover la salud de las plantas mediante la inhibición del crecimiento o desarrollo de patógenos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Solubilización de fósforo.

Se determinó la solubilización de fosforo asociada a la formación de un halo de solubilización en medio Pikovskaya (PVK) agar (Nautiyal, 1999) de dos cepas bacterianas identificadas como *Burkholderia* sp MSR2 y *Serratia* sp. ER1 obtenidas durante la ejecución del proyecto "Importancia de los Microbios Benéficos de la Rizósfera en la Producción Sustentable de Maíz (SEP-CONACyT-2012-179319). Para cuantificar la actividad de solubilización de fósforo los aislados seleccionados se incubaron durante 4 d en medio de cultivo PVK líquido a 28 °C y 100 rpm. Posterior al periodo de incubación se midió el pH de los cultivos y se eliminó la biomasa bacteriana por centrifugación (10,000 rpm por 15 min). Se determinó la cantidad de fósforo soluble (Samira *et al*., 2009) en los sobrenadantes mediante el método del ácido ascórbico (Watanabe y Olsen, 1965). Se realizaron tres réplicas de cada experimento.

Inhibición de Colletotrichum gloeosporioides.

La determinación *in vitro* de la actividad antagónica contra *C. gloeosporioides* MYA 456 de *Burkholderia* sp. MSR2 y *Serratia* sp. ER1 se realizó en placas con medio PDA utilizando el método co-inoculación (Rahman *et al*., 2007). Sobre papel filtro estéril (7 mm de diámetro) se colocaron 10 µL de la suspensión de esporas del patógeno. En la misma caja de Petri, con una separación de 3 cm, se sembró una asada de la bacteria. Las cajas se incubaron durante 10 d a 28°C. Después de 24 este tiempo, se midió el crecimiento radial del micelio, se calculó el área total que éste ocupaba y se determinó el porcentaje de inhibición de crecimiento comparado con el blanco, que consistió en cajas de Petri con PDA donde únicamente se inoculó el hongo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Solubilización de fósforo.

Se observó que las bacterias analizadas presentaron solubilización de P contrastante al ser inoculadas en PVK agar (**Figura 1)**. La cepa *Burkholderia* sp. MSR2 solubilizó 203 ± 15.6 mg/L de fósforo, mientras que *Serratia* sp. solubilizó 19.5 ± 3.5 mg/L, concordando con lo que se observó en las cajas con PVK donde el halo de solubilización es mayor en *Burkholderia* sp. MSR2.

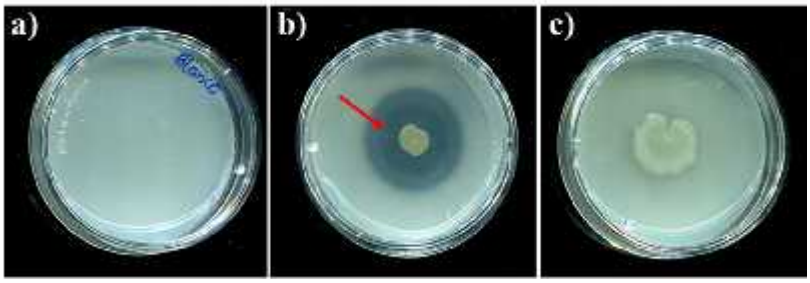


Figura 1. Solubilización de Pi en medio PVK, a) Control, b) *Burkholderia* sp. MSR2 y c) *Serratia* sp. ER1. En color rojo se indica la presencia de un halo alrededor de la cepa MSR2 lo cual representa un resultado positivo para la prueba

***Inhibición de Colletotrichum gloeosporioides*.**
Los resultados de inhibición de crecimiento micelial del hongo *C. gloeosporioides* MYA 456 co-inoculado en cajas Petri (**Figura 2**) fue mayor en la cepa *B. cenocepacia* MSR2 presentado un porcentaje de inhibición de 24.5 ± 2.1%, mientras que en la cepa de *Serratia* sp. ER1 se presentó un porcentaje de inhibición de 12.4 ± 2.8% siendo estadísticamente diferentes. Los géneros *Burkholderia* y *Serratia* han sido ampliamente reportados como bacterias antagonistas seleccionadas por la técnica de co-inoculación en placa (Narayanasamy y Agents, 2013).

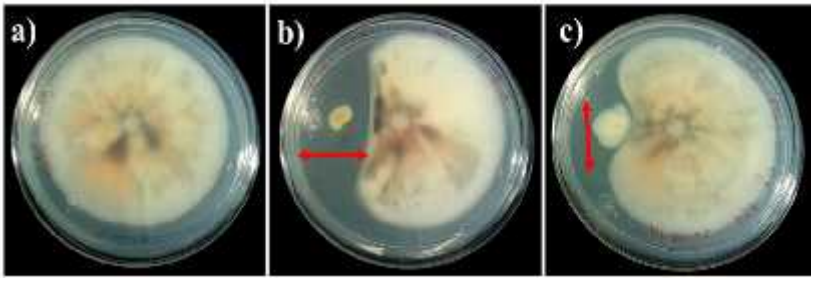


Figura 2 Inhibición de crecimiento de *C. gloeosporioides* MYA 456 por el método de co-inoculación en placa en medio PDA después de 7 días. a) Control, b*) Burkholderia* sp. MSR2, c) *Serratia* sp. ER1. Las flechas rojas señalan la disminución en el crecimiento de *C. gloeosporioides* MYA 456.

CONCLUSIONES

Burkholderia sp. MSR2 y *Serratia* sp. ER1 presentaron actividad de solubilización de fósforo, así como actividad antagónica contra *C. gloeosporioides* MYA 456, siendo la cepa *Burkholderia* sp. MSR2 la que presentó mayores valores en ambas actividades.

AGRADECIMIENTOS

─Cinvestav Unidad Irapuato. ─Dra. Doralinda Guzmán Ortiz del Laboratorio de Micotoxinas del Cinvestav, Unidad Irapuato por facilitar la cepa del hongo utilizado en el ensayo. ─M en C. José Antonio Vera Núñez ─IBQ. Luis Ernesto Hernández Rodríguez.

BIBLIOGRAFÍA

Zivkovic, S. *et al*., (2010). Screening of antagonistic activity of microorganisms against Colletotrichum acutatum and Colletotrichum gloeosporioides. Archieves of Biological Science, 62, 611-623.
Watanabe, F. S. y Olsen, S. R., (1965). Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in wáter and NaHCO3 extracts from soil. Soil Sciencce Society of America Journal. 29, 677-678.
Nautiyal, C. S., (1999). An efficient microbiological growth médium for screening phosphate solubilizing microorganisms. FEMS Microbiology Letters. 170, 265-270.
Glick, B. R., (2012). Plant growth-promoting bacteria: Mechanisms and aplications. Scientifica. 2012, 1-15.
Narayanasamy, P. & Agents, B.C., 2013. Biological Management of Diseases of Crops.
Rahman, M. a. *et al*., 2007. Screening of antagonistic bacteria for biocontrol activities on Colletotrichum gloeosporioides in papaya. Asian Journal of Plant Sciences, 6, 12–20.
Samira, A.B.M. *et al*., 2009. Determination of available nitrate, phosphate and sulfate in soil samples. International Journal of PharmTech Research. 3; 598-604.

MEZCLA DE ABONOS ORGÁNICOS CON FERTILIZANTE INORGÁNICO EN LA DISPONIBILIDAD DE FÓSFORO

Guerrero-Morales, S.[1*]; González-García, J.[2]; Sáenz-Solís, J.I.[3]; Anchondo-Najera, J.A.[4]; Prieto-Razo, J.[5]

[1,2,3,4]Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua, Delicias, Chihuahua. México.
[5]Estudiante, Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua, Delicias, Chihuahua. México.

Autor responsable: sguerrer@uach.mx; km 2.5 Carretera Delicias-Rosales, Delicias, Chihuahua, México. +52 (639) 4722726

Resumen

Los suelos agrícolas de la región de Delicias, Chih., tienen un bajo contenido de materia orgánica En este tipo de suelos calcáreos por sus características químicas, es común la baja disponibilidad del fósforo. Para obtener altos rendimientos, los productores utilizan altas cantidades de fósforo inorgánico, incrementando con esto el costo de cultivo. En los últimos años, en la región se ha empezado a utilizar la aplicación de composta y en menor escala la vermicomposta. El objetivo de la investigación fue comparar la disponibilidad de fósforo inorgánico (MAP) combinado con composta y vermicomposta en el cultivo del tomate, en un suelo calcáreo. El experimento se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, de la Universidad Autónoma de Chihuahua, ubicada en Delicias, Chihuahua. Se evaluaron doce tratamientos, en donde se estudió la combinación de niveles de composta, vermicomposta y composta-vermicomposta con diferentes dosis de fertilizante fosforado químico (MAP). El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. En base a los resultados obtenidos bajo las condiciones en que se realizó se concluyó que: La composta y vermicomposta favorecieron una mayor disponibilidad de fósforo en el suelo calcáreo que la fuente inorgánica. La vermicomposta incrementó en mayor proporción la disponibilidad de fósforo que la composta, la mezcla de composta con vermicomposta incrementaron en mayor proporción la disponibilidad de fósforo que la composta sola.

Palabras claves
Fósforo; Disponibilidad; Composta; Vermicomposta.

Introducción

En los suelos agrícolas de la región de Delicias, Chih. se practica una agricultura intensiva, donde el común denominador es el uso de cantidades excesivas de fertilizantes inorgánicos y algunas prácticas agrícolas mal realizadas. Lo anterior ha originado que el contenido de materia orgánica disminuya considerablemente, contribuyendo a la degradación de los suelos. En este tipo de suelos calcáreos, por sus características químicas, es común la baja disponibilidad del fósforo dando por resultado que el rendimiento de los cultivos se reduzca considerablemente.
El fósforo (P) es un nutriente importante para el crecimiento de la planta, sin embargo, en suelos calcáreos, su disponibilidad para la planta es baja, probablemente debido a su transformación a formas más complicadas con $CaCO_3$ y luego transformado a formas solubles que son fijadas en el suelo

reduciendo su disponibilidad para las plantas en crecimiento (Bashour *et al*., 1983). Otros factores que influyen en la disponibilidad de fósforo son pH alto, contenido de calcio, fierro y materia orgánica. Las deficiencias de P se han tratado de resolver mediante la aplicación de fertilizantes fosfatados, sin embargo, su tendencia a reaccionar con los componentes para formar compuestos insolubles, hace que este elemento no esté disponible completamente en el momento que la planta lo requiera (Fassbender *et al*., 1987). Una forma de incrementar el P disponible para las plantas es mediante la incorporación al suelo de abonos orgánicos. Tolanur y Badanur (2003) mencionan que la mayor disponibilidad de P en fuentes orgánicas puede atribuirse a la liberación de cantidades significativas de CO_2 durante la descomposición de la materia orgánica y formación de cationes complejos como Ca^{2+} que reducen la fijación de P en suelo calcáreo. Adler y Sikora (2003) mencionan que los fertilizantes orgánicos pueden aumentar la solubilidad de P por la producción de ácido orgánico o sustancias húmicas que compiten con los sitios de adsorción del P, originando un incremento en el contenido de P en la solución del suelo. En los últimos años en la región de Delicias, Chih. se ha empezado a utilizar la aplicación de composta y en menor escala la vermicomposta como una alternativa en algunos cultivos. Es importante que se genere información técnica que permita conocer el efecto de la aplicación de estos productos mezclados con fertilización fosforada inorgánica, sobre la cantidad de fósforo disponible.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, de la Universidad Autónoma de Chihuahua, ubicada en Delicias Chihuahua. Se evaluaron doce tratamientos (Cuadro 1).

Tratamiento	P (kg ha^{-1})	Composta (t ha^{-1})	Vermicomposta (t ha^{-1})
1	30	20	0
2	60	20	0
3	90	20	0
4	30	0	20
5	60	0	20
6	90	0	20
7	30	20	20
8	60	20	20
9	90	20	20
10	30	0	0
11	60	0	0
12	90	0	0

Cuadro 1. Tratamientos en el experimento de composta y vermicomposta en la disponibilidad de fósforo. FCA y F-UACH.

La unidad experimental consistió de una maceta con una profundidad aproximada de 33 cm y un área de 0.0706 m^2. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se pesó el fertilizante inorgánico Fosfato Mono Amónico (MAP 11-52-00), la composta y la vermicomposta para cada tratamiento, las cantidades correspondientes para cada tratamiento, se mezclaron en una bolsa de plástico. Se llenaron las macetas con el suelo (20 kg aproximadamente), agregando las mezclas de fertilizante y abono de acuerdo a cada tratamiento. Después de un riego pesado, se realizó el trasplante de plántulas de tomate y se regó la maceta de acuerdo a las necesidades

para mantener el suelo a capacidad de campo. A partir de los 15 días después del trasplante, en cada tratamiento con sus repeticiones se tomaron muestras de suelo para determinar el fósforo disponible. Se utilizó la solución 0.5 M de bicarbonato de sodio $NaHCO_3$ (Olsen). Se midió la altura de planta cada ocho días y al final el peso seco de la planta, a cada uno de los datos se les realizo el análisis de varianza correspondiente, comparación de medias por el método Tukey $p \leq 0.05$ y contrastes entre tratamientos usando el programa Statitical Analysis System (SAS) Versión 9.0.

Resultados y Discusión

Disponibilidad de fósforo

La concentración media de fósforo (P) disponible con su comparación de medias (Tukey) se presenta en el cuadro 2. De manera general se aprecia que las menores cantidades de P disponible en las diferentes fechas de muestreo se lograron en tratamientos que solo recibieron P de fertilizante inorgánico o de fuente inorgánica con composta.

				P en ppm por Muestreo					
T	P	C	V	1	2	3	4	5	6
1	30	20	0	6.9 g	39.4 c	59.3 abc	22.7 de	18.5 de	15.8 d
2	60	20	0	14.2 fg	51.7 abc	56.0 abcd	47.5 ab	28.4 bcd	31.1 c
3	90	20	0	15.8 def	39.1 c	36.1 d	33.4 cd	31.7 ed	32.8 bc
4	30	0	20	26.1 def	46.1 bc	41.1 cd	26.6 cde	32.6 abc	35.8 abc
5	60	0	20	73.5 a	67.6 a	71.0 a	33.4 cd	38.7 cd	39.7 abc
6	90	0	20	33.6 cde	53.8 bc	43.4 bcd	18.2 bc	35.7 ab	40.6 ab
7	30	20	20	42.0 cd	43.3 bc	58.3 abc	27.8 cde	36.9 bcd	35.5 bc
8	60	20	20	45.2 cb	62.3 ab	63.1 ab	52.5 a	48.4 abc	52.0 a
9	90	20	20	44.2 b	44.8 bc	61.0 abc	52.8 a	44.9 a	52.4 ab
10	30	0	0	19.0 fg	44.0 bc	46.6 cd	25.5 cde	20.7 ef	15.7 d
11	60	0	0	22.3 fe	52.0 abc	59.2 abc	25.6 ed	13.6 ef	18.8 d
12	90	0	0	20.7 def	51.4 abc	49.2 bcd	15.5 e	12.8 f	15.4 d
DMSH				18.4	18.2	19.8	12.3	17.3	16.2

Cuadro 2. Concentración media de fósforo disponible en las diferentes fechas de muestreo, en el experimento de composta y vermicomposta en la disponibilidad de fósforo. FCA y F-UACH.
T = Tratamiento. P = $kg.ha^{-1}$ de fòsforo. C = $t.ha^{-1}$ de composta: V = $t.ha^{-1}$ de vermicomposta.
Misma letra en columna indica diferencia no significativa entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

La menor concentración de P disponible correspondió a la primera fecha de muestreo, y esta se incrementó en la segunda y tercera fechas. Pero a partir de la cuarta fecha de muestro, la cantidad de P disponible tendió a disminuir. Esta disminución se atribuye a que después de las aplicaciones del P del fertilizante inorgánico y el soluble de la materia orgánica está en forma disponible. Conforme pasa el tiempo, el P reacciona con el calcio del suelo y se precipita como fosfato de calcio insoluble (Sample *et. al*., 1980).

La mayor disponibilidad de P en los tratamientos que recibieron vermicomposta o composta complementada con vermicomposta, se atribuye a que la materia orgánica contribuye a la menor adsorción o precipitación del P. Al respecto (Adler and Sikora, 2003), mencionan que los fertilizantes orgánicos pueden aumentar la solubilidad de P por la producción de ácido orgánico o sustancias húmicas que compiten con los sitios de adsorción del P, originando un incremento en el contenido de P en la solución del suelo.

Disponibilidad de fósforo por fuente de materia orgánica y nivel de fertilizante inorgánico

Con 60 kg ha^{-1} de fósforo (P) inorgánico complementado con composta, se logra mayor disponibilidad de P que con 90 kg ha^{-1}. Esto se puede atribuir a que a partir de la segunda fecha, posiblemente existe una mayor cantidad de microorganismos (MOS) en 90 kg ha^{-1} de P que en 60 kg ha^{-1} de P, inmovilizando estos el P y posteriormente después de la quinta fecha los MOS mueren liberando el P, e incrementándose la disponibilidad de este nutriente.

La disponibilidad de P cuando se usó la vermicomposta mezclada con las diferentes dosis (30, 60 y 90 kg ha^{-1}) de P inorgánico en las diferentes fechas de muestreo, durante los primeros tres muestreos, la dosis de 60 kg ha^{-1} fue claramente superior a las dosis de 30 y 90 kg ha^{-1}, mientras que en las fechas 4, 5 y 6, la dosis de 90 kg ha^{-1} presentó mayor disponibilidad de P. Estos últimos resultados se atribuyen a que, con 90 kg de P, existe una mayor cantidad y constante disponibilidad de P, ya sea por la cantidad de P aplicado como fertilizante inorgánico, así como por el P que resulta de la mineralización de la vermicomposta. La disponibilidad de P cuando se usó la combinación de composta con vermicomposta mezclada con las diferentes dosis (30, 60 y 90 kg ha^{-1}) de P inorgánico en las diferentes fechas de muestreo es menor en todas las fechas con la dosis de 30 kg ha^{-1}, mientras que con la dosis de 60 kg ha^{-1} se cuantificó la mayor disponibilidad de P, excepto en las fechas 1 y 5 donde fue mayor con la dosis de 90 kg ha^{-1} de fertilizante químico. La menor disponibilidad se atribuye a la menor concentración de P en el suelo por ser la menor dosis aplicada. También se observó que la disponibilidad de P se incrementó en el segundo y tercer muestreos, para luego disminuir paulatinamente. Este resultado se atribuye a los procesos de adsorción y precipitación de fijación de P en suelos calcáreos que parece depende de la tasa de aplicación de P. En relación a la precipitación de los fosfatos de Ca en suelos calcáreos estos pueden contribuir significativamente a la disminución en la recuperación de P con el tiempo (Afif *et al*., 1993). Resultados similares son reportados por Akhtar y Alam (2001) y Erich *et al*. (2002) quienes mencionan que la disminución de P disponible se atribuye a las reacciones dependientes del tiempo que implican la fracción y la precipitación del P agregado.

Contrastes entre fuentes orgánicas y el testigo

La disponibilidad de P fue menor (Cuadro 3) en el tratamiento que no recibió materia orgánica (testigo). Este tratamiento en las últimas tres fechas de muestreo fue estadísticamente diferente a los otros tratamientos (fuentes orgánicas). La mayor disponibilidad de P, con excepción del segundo muestreo, se obtuvo con la mezcla de vermicomposta con composta; sin embargo, fue estadísticamente igual a la cantidad de P obtenido en la fuente de vermicomposta sola. La mayor cantidad de P disponible en las fuentes orgánicas puede atribuirse a la liberación de cantidades significativas de CO_2 durante la descomposición de la materia orgánica y formación de cationes complejos como Ca^{2+} que reducen la fijación de P en suelo calcáreo como lo reporta Tolanur y Badanur (2003).

	P en ppm por Muestreo					
Tratamiento	1	2	3	4	5	6
Testigo (10,11 y 12)	20.65 b	49.19 a	49.96 a	21.39 c	17.25 c	15.10 c
Composta (1, 2 y3)	15.70 b	43.43 a	50.50 a	34.86 ab	31.80 b	27.39 b
Vermicomposta(4, 5 y 6)	41.65 a	52.25 a	53.82 a	32.47 b	41.97 a	40.77 a
Comp+verm (7,8 y 9)	42.50 a	50.15 a	61.28 a	44.12 a	45.40 a	42.90 a
DMSH	12.29	9.28	11.80	9.50	8.20	7.20

Cuadro 3. Concentración media de P en ppm obtenida con las diferentes fuentes de materia orgánica. Misma letra en columna indica diferencia no significativa entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

La mayor disponibilidad de P, en los tratamientos de vermicomposta sola y mezclada con composta se atribuye a un mayor contenido de materia orgánica que en el de fertilizante inorgánico. Lo anterior se atribuye a lo mencionado anteriormente por Adler y Sikora (2003). Por otra parte, Parham *et al*. (2002) encontraron que el aumento de P se debe principalmente al aumento de la masa de C microbiano mediante la promoción de la actividad microbiana y la mejora de la fosfatasa y la actividad deshidrogenasa responsable de la solubilización del fósforo.

La disponibilidad de P en todos los tratamientos se incrementó a partir de la primera fecha de muestreo hasta la tercera fecha. A partir de la cuarta fecha de muestro la disponibilidad de P tiende a disminuir; sin embargo, la disminución fue más drástica en el tratamiento testigo. La menor disminución en el P disponible en los tratamientos que recibieron materia orgánica, se atribuye a que la esta protege o evita el contacto directo del P inorgánico con el suelo, evitando en parte su precipitación y adsorción con el suelo.

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos, bajo las condiciones en que se realizó el experimento se determinan las siguientes conclusiones:
La vermicomposta incrementó en mayor proporción la disponibilidad de fósforo que la composta sola. La mezcla de composta con vermicomposta aumentó en mayor proporción la disponibilidad de fósforo que la composta sola. La composta y vermicomposta favorecieron una mayor disponibilidad de fósforo que la fuente inorgánica de fósforo.

Referencias

Adler, P.R. and L.J. Sikora, 2003. Changes in soil phosphorus availability with poultry compost age. Commun. Soil. Sci. Plant Anal., 34: 81-95.
Afif, E., A. Matar and J. Terrent, 1993. Availability of phosphate applied to calcareous soils of West Asia and North Africa. Soil Sci. Soc. Am. J., 57: 756-760.
Akhtar, M. and S.M. Alam. 2001. Effect of incubation period on phosphate absorption from two P sources. J. Biol. Sci. 1: 124-125.
Bashour, I.I., D.J. Pasad and M. Al- Mazroa, 1983. Movement of potassium and phosphorus in soil columns. Proceedings of the 6th Conference on the Biological Aspect of Saudi Arabia, March 1-3, 1983, King Abdul Aziz University.
Erich, M.S., C.B. Fitzgerald and G.A. Porter, 2002. The effect of organic amendments on phosphorus chemistry in a potato cropping system. Agric. Ecosyst. Environ. 88: 79-88.
Fassbender, H. and W. Bornemisza. 1987. Química de Suelos, con énfasis en suelos de América Latina. Instituto interamericano de cooperación para la Agricultura. Editorial IICA. San José, Costa Rica.
Parham, J.A., S.P. Deng, W.R. Raun and G.V. Johnson. 2002. Long-term cattle manure application in soil: I. Effect on soil phosphorous levels, microbial biomass C and dehydrogenase and phosphatase activities. Biol. Fertil. Soils, 35: 328-337.
Sample, E.C., R.J. Soper and G.J. Racz. 1980. Reactions of Phosphate Fertilizers in Soils. In: The Role of Phosphorus in Agriculture, Khassawneh, F.E., E.C. Sample and E.J. Kamprath (Eds.). ASA, Madison, WI, USA, pp: 263-310.
Tolanur, I.S. and V.P. Badanur. 2003. Changes in organic carbon, available N, P and K under integrated use of organic manure, green manure and fertilizer on sustaining productivity of pearl millet-pigeonpea system and fertility of an incetisol. J. Indian Soc. Soil Sci., 51: 37-41.

PRODUCCIÓN HORTÍCOLA ORGÁNICA EN OTUMBA, MÉXICO

Hernández-A., E.E.[1]; Cajuste-B., L.[1*]; Ruiz-B., A.[1]; Salazar-S., E[2]; Chavarría-G., J.A.[2]; Gutiérrez-C., A.M.C.[1]; Ortiz-S., C.A.[1]

[1] Colegio de Postgraduados (COLPOS). Montecillos, México, 56230. MEXICO.
[2] Instituto Tecnológico de Torreón (ITT). Torreón, Coahuila, 27170. MÉXICO.

*Autor responsable: lenomcb1@colpos.mx; Edif. Edafología, cub. 225, Campus Montecillo, Texcoco, México. MEXICO. CP 56230; Tel. +52(555)-195-4285

Resumen

El municipio de Otumba, Estado de México, ha experimentado un incremento en su producción agrícola desde los últimos cinco años, incluyendo un incremento sostenido de rendimientos en los últimos tres años. Estos hechos se deben en parte al incremento de presupuesto federal para impulsar el desarrollo, por una parte, y por otra parte, al aumento de parcelas que han sido incorporadas a sistemas orgánicos de producción. Aunado a estas causas está la oportunidad de mejora de ingresos vía exportación de productos orgánicos a mercados como el estadounidense, el europeo y el lejano oriente. El objetivo de este estudio fue evaluar las posibles diferencias entre sistemas de producción con propósitos de predecir la aceptación de productores a la conversión de sistemas orgánicos de producción. Se colectaron muestras para cultivos con representatividad municipal (más de 5 Ha de superficie en producción), y se midieron peso total y número de piezas por muestra. Adicionalmente se establecieron ensayos en invernadero con cultivos en fase de aceptación, midiendo también peso total y número de piezas por unidad experimental. Los resultados preliminares indican que los rendimientos son ligeramente superiores para sistemas orgánicos ya establecidos (nopal y tuna) y para la fresa que está en fase de aceptación; mientras que los rendimientos son ligeramente inferiores en el resto de cultivos en fase de aceptación. Para todos los cultivos, características como uniformidad de tamaño forma y brillo son más notorios en productos orgánicos, comparado con los obtenidos en sistemas tradicionales.

Palabras clave
nopal; tuna; fresa; rábano; zanahoria, jitomate

Introducción

Otumba es un municipio mexiquense ubicado al noreste del estado y con una larga tradición agrícola. Desde la colonia y hasta antes de la revolución verde, fue uno de los diez principales proveedores de alimentos a la Ciudad de México (Ezcurra, 1990; CONAGUA, 2009). Su incursión con una estación ferrocarrilera dentro de la ruta México-Veracruz, permitió trasladar los insumos y víveres desde y hacia la capital del país, como también hacia el golfo, mediante la señalada red ferroviaria. A finales del siglo XX, el municipio cayó en una depresión económica por la falta de recursos económicos y logísticos que inyectasen al campo dinamismo y prosperidad dentro de las familias rurales. No obstante, el crecimiento en la producción agrícola ha aumentado significativamente en los últimos cinco años (SIAP, 2015). Este hecho se debe en parte, al incremento presupuestal que el gobierno en sus tres niveles ha otorgado a la región, generando y modernizando infraestructura agrícola, de

mercado y de transporte, por un lado; y por otro, por la conversión de terrenos de agricultura tradicional a terrenos de producción agrícola orgánica. Debido a este segundo factor, el objetivo de esta investigación fue evaluar las posibles diferencias entre sistemas de producción con propósitos de predecir la aceptación de productores a la conversión de sistemas orgánicos de producción para otros cultivos producidos en el área de estudio.

Materiales y Métodos

Área de estudio

La investigación se realizó en la localidad de Cuautlacingo, perteneciente al municipio de Otumba y a 2 Km al oeste de la cabecera municipal. La localidad está ubicada a 2350 msnm, donde predomina el clima templado subhúmedo con lluvias en verano que acumulan 510 mm de precipitación anual y una temperatura media anual cerca de los 15°C (Figura 1).

Figura 1. Localización del área de estudio (fuente: Google, 2015).

Los suelos del área de estudio corresponden a la clase feozem cálcico, siendo éstos profundos y de texturas finas. Estos suelos están ubicados en una zona de lomeríos suaves, donde la vegetación está conformada por cultivos de maíz, alfalfa, nopal y tuna principalmente, con algunas hortalizas, otros cactos y árboles de pirul, eucalipto y cedro.

Procedimiento

En campo se cosecharon diez muestras de producto (una muestra de cuatro a cinco piezas de producto por hilera o melga) por parcela, para cinco parcelas bajo sistema tradicional y otras cinco parcelas bajo sistema orgánico (de manera similar), en cultivos de tuna, nopal y fresa. Las muestras fueron lavadas, empacadas y pesadas en fresco para su análisis.

En invernadero, se sembraron y cosecharon al término de su ciclo cultivos de rábano, zanahoria,

cebolla, chícharo y jitomate, en unidades de 1000 m^2, de manera similar al experimento en campo. Las muestras fueron lavadas, empacadas y pesadas en fresco, para ser analizadas posteriormente. El análisis se basó en análisis gráfico y análisis de varianza con comparación de medias.

Resultados y Discusión

En el cuadro 1 se muestran los resultados de peso por empaque para ambos sistemas de cultivo (inorgánico y orgánico) en tuna nopal y fresa; mientras que en el cuadro 2 se observan los resultados de cantidad de piezas por empaque. Con base a peso, se obtuvieron ligeramente mejores rendimientos (pero estadísticamente significativos) en sistemas orgánicos, comparados con su contraparte tradicional (inorgánico). Cabe mencionar que los niveles de inversión en insumos para sistemas orgánicos, fueron en el peor escenario, iguales y en el mejor escenario 15 a 20 % menores, a los niveles de inversión en insumos para sistemas tradicionales.

Cuadro 1. Comparación de medias (con prueba de Tukey*) entre sistemas inorgánico y orgánico, para varios cultivos, con base a peso (en gramos) por empaque de un litro.

Cultivo	Tuna	Nopal	Fresa
Sistema Orgánico	985[a]	1177[a]	1003[a]
Sistema Inorgánico	850[b]	1025[b]	978[b]

* letras iguales en misma columna indican no hubo diferencia significativa.

Con base a cantidad, se encontraron resultados similares, excepto para nopal, donde no hubo diferencia, ni estadística, ni numérica. También es de notarse que en sistemas orgánicos, las piezas son un poco más grandes, lo que podría representar un problema de calidad de frutos. Ya se está trabajando para realizar cortes adelantados, como estrategia para garantizar calidad en el producto. El cultivo con excepción a esta evidencia es el nopal, puesto que el control en tamaño es más fácil al realizar los cortes y los requerimientos en esta especificación son más tolerantes en cuanto a calidad del producto.

Cuadro 2. Comparación de medias (con prueba de Tukey) entre sistemas inorgánico y orgánico, para varios cultivos, con base a cantidad de piezas por empaque de un litro.

Cultivo	Tuna	Nopal	Fresa
Sistema Orgánico	5[a]	12[a]	15[a]
Sistema Inorgánico	6[b]	12a	16[b]

* letras iguales en misma columna indican no hubo diferencia significativa.

Los siguientes cuadros muestran un comportamiento contrario a los anteriores. En el cuadro 3, todos los rendimientos obtenidos con sistemas orgánicos fueron ligeramente inferiores a sus homólogos bajo sistemas tradicionales. A pesar de ello solamente presentaron diferencia estadísticamente significativa los cultivos de rábano y cebolla. El nivel de inversión aplicado a sistemas orgánicos, en cambio, fue en todos los casos 25% menor a los niveles de inversión en insumos para sistemas tradicionales. Luego entonces, podría afinarse la estrategia de producción incrementando un poco los niveles de inversión en sistemas orgánicos para igualar rendimientos obtenidos bajo sistemas tradicionales, en un futuro a corto plazo.

Un patrón más uniforme se presenta en el cuadro 4, donde a excepción de la cebolla, todos los rendimientos en sistemas orgánicos fueron menores y estadísticamente significativos.

Cuadro 3. Comparación de medias (con prueba de Tukey) entre sistemas inorgánico y orgánico, para varios cultivos, con base a peso (en gramos), por empaque de un litro.

Cultivo	Rábano	Zanahoria	Cebolla	Jitomate	Chícharo
Sistema Orgánico	390[a]	373[a]	225[a]	323[a]	245[a]
Sistema Inorgánico	475[b]	374[a]	330[b]	325[a]	250[a]

* letras iguales en misma columna indican no hubo diferencia significativa.

La cuestión en este caso particular indicaría que los productos orgánicos nuevamente fueron mayores en tamaño pero en realidad, dichos productos contaron con tamaños más uniformes, comparado con el intervalo de tamaños presentados en productos obtenidos con sistemas tradicionales.

Cuadro 4. Comparación de medias (con prueba de Tukey) entre sistemas inorgánico y orgánico, para varios cultivos, con base a cantidad de piezas por empaque de un litro.

Cultivo	Rábano	Zanahoria	Cebolla	Jitomate	Chícharo
Sistema Orgánico	14[a]	25[a]	6[a]	23[a]	140[a]
Sistema Inorgánico	21[b]	35[b]	6[a]	38[b]	223[b]

* letras iguales en misma columna indican no hubo diferencia significativa.

Luego entonces, se puede observar que a pesar de no tener una ventaja competitiva en rendimiento, si se presenta una ventaja competitiva en calidad; al igual que con productos como la fresa, el nopal y la tuna. Los siguientes pasos están encaminados a mejorar el rendimiento para su mayor aceptación entre productores.

Conclusiones

Los rendimientos en sistemas tradicionales y orgánicos son comparables; sin embargo, se requiere mayor trabajo de investigación para mejorar la oferta y aceptación de sistemas orgánicos con los productores agrícolas establecidos en Cuautlacingo, Otumba.

Agradecimientos

A los productores en particular Don Leobigildo Martínez por su colaboración.

Referencias

CONAGUA 2009. Semblanza histórica del agua en México. SEMARNAT. México, D.F. 82 p.

Ezcurra, E. 1990. De las chinampas a la megalópolis. Fondo de Cultura Económica-Secretaría de Educación Pública. México, D.F. 119 p.

Google 2015. Mapa de Cuautlacingo, Otumba, México. Google Maps. http://maps.google.com.mx

INAFED 2003. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Estado de México: Otumba. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo municipal, Secretaría de Gobernación. México, D.F.

INEGI, 2015. Censo agropecuario y estadísticas, Otumba. Instituto Nacional de Geografía y Estadística. Aguascalientes.

SAGARPA 2012. Sexto informe de gobierno. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D.F. 224 p.

SIAP 2015. Estadísticas de la producción agrícola en el municipio de Otumba, Dtto de Zumpango (2010-2015). Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D.F. 7p

ASIMILACIÓN DE ^{32}P POR LA PLANTA DE MAÍZ INOCULADA CON RIZOBACTERIAS AISLADAS DE TRES AGROSISTEMAS DE MAÍZ DE TEMPORAL DE MÉXICO

Mendoza-Escamilla, J.; Marmolejo-Chávez, C.G; Aviles-Osuna, O.; Vera-Núñez, J.A.; Peña-Cabriales, J. J.*

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados-IPN (CINVESTAV-IPN), Unidad Irapuato. Irapuato, Guanajuato, México.

*Autor responsable: jpena@ira.cinvestav.mx; km 9.6 Libramiento Norte, Carretera Irapuato-León, Irapuato, Gto. México. CP 36821; Tel. +52(462)-623-9600

Resumen

Las rizobacterias promotoras del crecimiento benefician a la planta a través de diversos mecanismos que se presentan como una alternativa a los fertilizantes químicos y plaguicidas. En la presente investigación se evaluaron 31 rizobacterias con capacidad de fijación de nitrógeno y solubilizadoras de fosfato, aisladas de la rizósfera de parcelas de maíz ubicadas en tres estados del país: Michoacán, Estado de México y Guanajuato, sobre la actividad de promoción del crecimiento vegetal. Para la pre-selección de los aislados, se realizó un análisis comparativo de los aislados en la promoción radical de la planta modelo *Arabidopsis thaliana*. Posteriormente, se evaluó el comportamiento de los aislados en la planta de maíz híbrido comercial PUMA (ASGROW), en un sustrato con base arena de río, con un total de cinco replicas, por tratamiento. A los 17 días después de la emergencia, los resultados indicaron que las cepas SCC4, FCC24, FCC1 y FCV14 identificadas como *Pseudomonas*, *Bacillus*, y *Burkholderia*, mostraron un efecto positivo en la promoción del crecimiento vegetal (*in vitro)*, asimismo, dicho efecto se correlacionó con una mayor absorción de ^{32}P; mientras que las cepas SCV16, FCC25, FCV11, SCV10, SCV17, SCC7 y SCV5 pertenecientes a los géneros *Acinetobacter* y *Ralstonia* mostraron un efecto negativo en la promoción del crecimiento radical. El resto de los aislados no mostraron diferencias significativas respecto al control. Estos resultados indican una alta variabilidad, así como diferentes géneros bacterianos en la promoción del crecimiento radical.

Palabras clave: Maíz; bacterias solubilizadoras de fosfato, bacterias fijadoras de nitrógeno

Introducción

En México, el maíz es el principal cultivo base de la dieta de población, participa con el 18% del valor de producción del sector agrícola y concentra el 33% de la superficie sembrada en el territorio nacional con aproximadamente 7.5x10^6 ha (SIAP, 2015) y ocupa el 28.7% de la superficie cultivable (INEGI, 2009). A nivel mundial, México el lugar nueve en términos de producción de maíz (FAOSTAT, 2015). Su cultivo se remonta al menos 6,000 años, aunque algunos autores sugieren que el descubrimiento del cultivo fue hace 8,000 años (Kato, 2009). Alrededor de 57% de la producción nacional se destina al consumo humano y 26% a la alimentación del ganado (Ron *et al*., 2006). En años recientes su cultivo se ha extendido debido a su capacidad de adaptación y versatilidad a diversos climas.

El desarrollo de híbridos de maíz de alto rendimiento ha favorecido el uso de fertilizantes de síntesis química para proveer los nutrientes y de plaguicidas para mantener la salud de las plantas. Algunos de los efectos negativos relacionados a estas prácticas incluyen la disminución de la materia orgánica

del suelo y la resistencia a los plaguicidas por parte de los patógenos (Altieri y Nicholls, 2000), lo cual se relaciona con la estructura y funcionalidad microbiana rizosférica en la relación suelo-maíz-microorganismo. Por lo anterior, es necesario explorar y/o evaluar tecnologías que biológicas para disminuir el impacto ambiental negativo generado por la agricultura intensiva que coadyuben a la asociación planta-microrganismo. El objetivo de este trabajo fue evaluar 31 rizobacterias con capacidad de fijación de nitrógeno y solubilizadoras de fosfato, aisladas de la rizósfera de parcelas de maíz ubicadas en tres estados del país: Michoacán, Estado de México y Guanajuato, sobre la actividad de promoción del crecimiento vegetal.

Materiales y Métodos

Efecto de promoción del crecimiento en Arabidopsis thaliana in vitro

Se esterilizaron semillas de *A. thaliana* mediante una mezcla de gas cloro (5 mL HCl concentrado y 100 mL de NaClO) en cámara de gases durante 4 h. Posteriormente, se sembraron las semillas en caja de Petri con medio MS 0.5X. Para dar un tratamiento de vernalización se colocaron a 4°C durante 48 h, luego se colocaron en cámara de crecimiento vegetal (23°C, 16 h luz y 8 h oscuridad) con una inclinación de las placas a 65°. Una vez que las semillas germinaron se trasplantaron 10 plántulas por cada caja de Petri con medio MS 0.5X estéril y se dejaron 24 h en cámara de crecimiento vegetal. Después se inoculó una asada de los aislados en 10 mL de caldo nutritivo y se incubó por 48 h a 100 rpm y 28°C. A las 48 h se tomó una alícuota de 1 mL del cultivo bacteriano y se centrifugó a 7000 rpm por 5 minutos para obtener un pellet del aislado, se descartó el sobrenadante y se resuspendió el pellet en 1 mL de solución salina (NaCl 0.85%). Se tomó una alícuota de 0.02 mL del aislado y se estrió en forma perpendicular a la raíz a una distancia de 1 cm de la punta de la raíz. Se incubaron nuevamente en cámara de crecimiento durante 14 días, se midió la masa fresca de las plantas y se fotodocumentaron.

Efecto de promoción del crecimiento en Zea mays L. en invernadero

Para el presente trabajo se procedió con la desinfección de la semilla de maíz híbrido Puma (ASGROW). Para homogenizar, primero se hizo una selección por tamaño de las semillas. Posteriormente éstas se sumergieron en una solución de etanol 70% por 1 minuto, seguido de una solución de cloro 5% por 10 minutos, agitando constantemente, para después realizar cinco enjuagues con agua destilada estéril. Las semillas desinfectadas se transfirieron a cajas de Petri estériles, se sellaron y se almacenaron por 24 h para su secado. Las semillas, previamente desinfectadas, con la ayuda de unas pinzas estériles, fueron colocadas de manera ordenada en series de 16 semillas sobre una capa de algodón estéril, contenido en cajas de Petri de vidrio. El algodón fue humectado con 15 mL de agua destilada estéril, se sellaron con cinta plástica, se envolvieron en papel aluminio y se almacenaron en un cuarto de luz por 48 h. En macetas de 350 g se colocaron bolsas de polipapel, se llenaron con 250 g de suelo previamente estéril. La aplicación de ^{32}P se realizó a la siembra con una solución marcada con ^{32}P y una actividad de 1 mCi de ^{32}P-H_3PO_4 mL^{-1} (Amersham Biosciences). Se aplicaron 3.33 µCi ^{32}P-ácido ortofosfórico kg^{-1} de suelo, diluidos en una solución de KH_2PO_4 con 5 mg P L^{-1}, para tener 60 µCi ^{32}P-KH_2PO_4 $maceta^{-1}$. El fertilizante base se aplicó en solución al momento de la siembra a cada 0.15 kg de suelo, mientras que el inóculo (1 mL inóculo + 20 mL H_2O desionizada-estéril) de una suspensión microbiana con una concentración de 10^8 UFC mL^{-1}, se aplicó a una profundidad de 2 cm sobre la semilla. Se depositaron 2 semillas germinadas a una longitud de 2 cm de forma vertical con la raíz primaria hacia abajo. Los orificios de siembran fueron cubiertos con el mismo sustrato estéril. Las macetas fueron regadas con 20 mL de agua destilada estéril cada 48 h. El ensayo se instaló bajo un diseño completamente al azar con cinco repeticiones. A los 35 días después de la siembra, se tomaron y pesaron dos plantas por tratamiento, cortándolas en pequeños

trozos, las cuales se colocaron en viales con tapón de 22 mL. Para digerir la masa vegetal, se les agregó 2 mL de una solución de ácido nítrico y ácido perclórico [5:1] y se dejaron bajo campana de extracción por 48 h. Cumplido el tiempo, los viales fueron colocados en una plancha a 65ºC por 2 h dando agitaciones ocasionales. Posteriormente, las muestras fueron aforadas con 20 mL de agua desionizada y llevadas a un contador de centelleo PACKARD, Tri-Carb 2100 TR, y se cuantificó la actividad de ^{32}P por el método Cerenkov para determinar la absorción de ^{32}P-fertilizante.

Resultados y Discusión

En relación al ensayo sobre la promoción del crecimiento vegetal de *Arabidopsis thaliana* por los aislados bacterianos rizosféricos se observaron resultados variables destacando que algunos aislados al entrar en contacto con la raíz primaria generaron la formación pelos radiculares o raíces secundarias (datos no presentados), lo cual incrementa la posibilidad para una absorción de nutrientes mayor, lo cual se reflejó en mayor acumulación de biomasa (Fig. 1). Otros resultados arrojaron que los aislados: SCV16, FCC25, FCV11, SCV10, SCV17, SCC7 y SCV5 mostraron un efecto adverso en el desarrollo de la planta, al disminuir el crecimiento de la raíz primaria de *A. thaliana*. Este resultado repercute en el desarrollo de la planta ya que disminuye considerablemente la masa aérea (hoja), así como la formación de raíces secundarias, lo cual puede generar un déficit en la absorción de nutrientes por la planta.

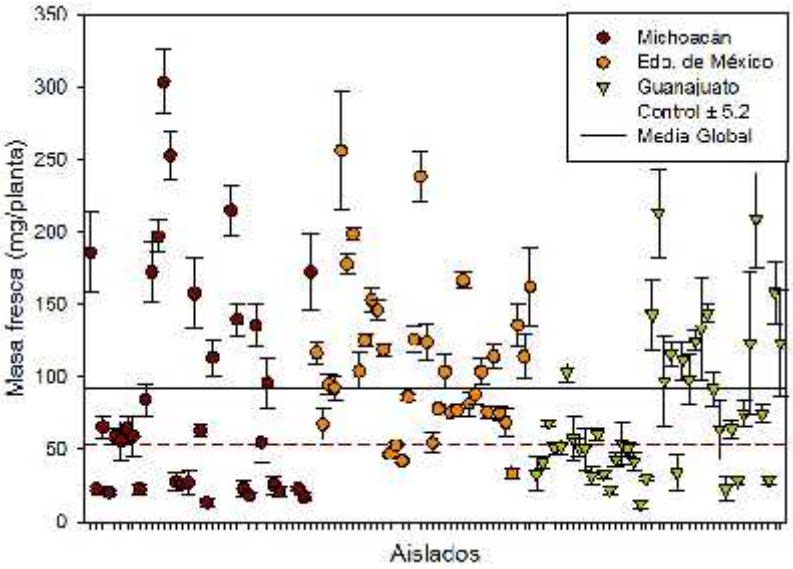


Fig. 1. Masa fresca de *Arabidopsis thaliana* inoculada con aislados bacterianos rizosféricos con capacidad de promoción del crecimiento obtenidos de agrosistemas de producción de maíz de temporal en México.

Por otro lado, los aislados bacterianos SCC4, FCC24, FCC1 y FCV14, clasificados dentro de los géneros: *Pseudomonas, Burkholderia* y *Streptomyces* presentaron mayor actividad de promoción del crecimiento vegetal en el cultivo de maíz (Cuadro 1). Esto concuerda con los resultados obtenidos por Arruda y col. (2011), quienes encontraron estos géneros. Cualitativamente, se observó una mayor longitud de la raíz primaria, así como de raíces secundarias, lo cual correlacionó con una mayor actividad de absorción de ^{32}P (Cuadro 1), aunque dicha variable presentó un amplio rango, lo cual se relaciona con la capacidad variable de promoción de crecimiento de los aislados.

Sin embargo, en términos de la actividad de absorción de ^{32}P, la producción de masa mayor por la planta de maíz, a los 28 días después de la emergencia, se cuantificó con las cepas de los géneros *Ralstonia*, *Dyella* y *Rhizobium* (Cuadro 1), así como la actividad de clorofila (Fig. 2), la cual osciló en 30 unidades SPAD, aunque algunos géneros como *Pseudomonas*, *Rhizobium* y *Agrobacterium* presentaron masa fresca y clorofila baja en comparación con el control.

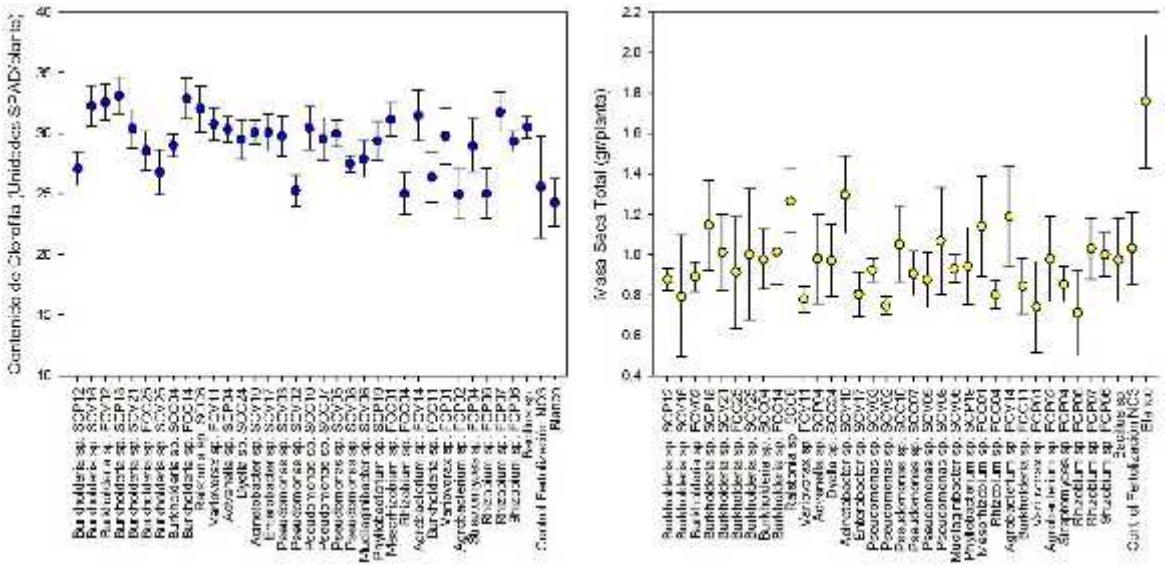


Fig. 2. Actividad de clorofila (a) y masa seca de la planta de maíz inoculada con aislados bacterianos rizosféricos con capacidad de promoción del crecimiento obtenidos de agrosistemas de producción de maíz de temporal en México.

Cepa	Masa seca total (g)	Actividad ^{32}P (dpm/g masa seca)
Burkholderia sp	1.00	33
Burkholderia sp	1.14	1
Burkholderia sp	1.24	11
Burkholderia sp	1.00	9
Burkholderia sp	1.11	3
Burkholderia sp	1.34	1
Burkholderia sp	1.08	3
Burkholderia sp	1.69	2
Burkholderia sp	1.05	50
Ralstonia sp. S	0.78	27
Variovorax sp.	0.65	6
Advenella sp. S	0.93	4
Dyella sp. SCC2	1.46	15
Acinetobacter s	1.21	7
Enterobacter s	0.99	2
Pseudomonas sp.	0.72	7
Pseudomonas sp.	0.90	29

Pseudomonas sp.	0.80	35
Pseudomonas sp.	0.68	59
Pseudomonas sp.	0.51	68
Pseudomonas sp.	1.32	10
Mucilaginibacte	1.19	11
Phyllobacterium	1.19	15
Mesorhizobium s	1.08	29
Rhizobium sp. F	1.11	34
Agrobacterium s	1.15	13
Burkholderia sp	1.03	19
Variovorax sp.	1.00	30
Agrobacterium s	0.70	25
Streptomyces sp	1.30	16
Rhizobium sp. F	0.72	34
Rhizobium sp. F	0.68	62
Rhizobium sp. F	0.95	48
Bacillus sp.	1.18	41
Control Fertilizado	1.01	48
Blanco	1.74	23

Cuadro 1. Actividad de ^{32}P y masa seca de la planta de maíz inoculada con aislados bacterianos rizosféricos con capacidad de promoción del crecimiento obtenidos de agrosistemas de producción de maíz de temporal en México.

Conclusiones

Los suelos del cultivo de maíz de Guanajuato, Michoacán y Estado de México, demostraron que los géneros: *Pseudomonas, Bacillus, Burkholderia*, juegan un papel importante sobre la promoción de crecimiento vegetal (*in vitro)*. Mientras que los géneros *Acinetobacter* y *Ralstonia* tienen un efecto negativo en la promoción de crecimiento vegetal. Los resultados sugieren evaluar en conjunto diversos microrganismos, ya que presumiblemente pueden tener un efecto mayor sobre los cultivos de maíz y así establecer una posible alternativa al uso de fertilizantes.

Referencias

Altieri M, Nicholls C (2000) Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), México. 250 pp.

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization), © FAO Statistics Division 2010.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) 2009. VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007. Disponible en: http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/agro/ca2007/resultados_agricola/default.aspx

Johansson JF, Paul LR, Finlay RD (2004) Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture. FEMS Microbiology Ecology 48:1–13.

Kato Y, TA, Sánchez G, JJ. 2002. Introgression of chromosome knobs from *Zea diploperennis* into maize. Maydica 47:33-50.

Kobayashi T, Nishizawa NK (2012) Iron uptake, translocation, and regulation in higher plants. Annu Rev Plant Biol 63:131–52. doi:10.1146/annurev-arplant-042811-105522

Kloepper, JW, Beauchamp, CJ (1992) A review of issues related to measuring of plant roots by bacteria. Canadian Journal of Microbiology 38, 1219 – 1232.

LAMP (Proyecto Latinoamericano de Maíz). 1991. ARS-USDA, CIMMYT, Pioneer Hi-Bred International Inc., Universidad Agraria La Molina (Perú).

Ron P, J, Sánchez G, JJ, Jiménez C, AA, Carrera V, JA, Martín L, JG, Morales R, MM, de la Cruz L, L, Hurtado P, SA, Mena M, S, Rodríguez F, JG. 2006. Maíces nativos del Occidente de México. 2004. Scientia-CUCBA 8(1):1-139.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera), SecretarÍa de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

RESPUESTA DEL CULTIVO DE AVENA FORRAJERA A LA APLICACIÓN DE LIXIVIADO DE LOMBRICOMPOSTA

Mercado-Mancera, G.[1*]; López-Antonio, H.[2]; Severiano-León, J.H.[2]; Granados-Mayorga, A.K.[2]; Chaires-Montecinos, B.E.[2]; Navejas-Jiménez, J.[3].

[1]Departamento de Ciencias Agrícolas, FES-C, UNAM. Cuautitlán Izcalli, México.
[2]Licenciatura de Ingeniería Agrícola, FES-C, UNAM. Cuautitlán Izcalli, México.
[3]Investigador Titular INIFAP-CETODS-BCS. La Paz, B.C.S.

*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

El objetivo del presente estudio fue evaluar la respuesta del cultivo de *Avena sativa* L. a la aplicación de lixiviados de lombricomposta. Se evaluaron dos tratamientos: aplicación de fertilizante químico y aplicación de lixiviados de lombricomposta. Respecto a la distribución de estos, se usaron melgas, en cada una se aplicó un tratamiento y en ellas se establecieron cuatro cuadrantes de 1 m^2, de forma aleatoria, de los que se obtuvieron las observaciones. Los parámetros evaluados fueron: de índole climático (temperatura, precipitación); de índole fenológico (fases y duración de las etapas fenológicas del cultivo, altura de la planta y rendimiento); de índole químico (extracto etéreo (EE), cenizas (C), proteína cruda (PC), fibra cruda (FC) y extracto libre de nitrógeno (ELN)). El rendimiento del forraje en base húmeda fue de 73.79 y 91.03 Mg ha^{-1}, para la aplicación de fertilizante químico y lixiviado, respectivamente. Mientras que el de materia en base seca fue de 16.31 y 20.21 Mg ha^{-1}, respectivamente; lo cual fue estadísticamente significativo. El análisis nutricional no mostró diferencia significativa. Por lo anterior se concluye que la aplicación de lixiviados mantiene e incrementa el rendimiento de forraje de avena, bajo las condiciones en que se desarrolló este trabajo.

Palabras clave
Avena sativa L; lixiviados de lombricomposta; fenología.

Introducción

La demanda de los cultivos forrajeros ha crecido en forma significativa, dándole paso a la Avena forrajera (*Avena sativa* L.) como un cultivo de buena calidad y con un buen valor nutricional debido a su alto contenido de proteína, fibra y presencia de vitaminas y minerales (SAGARPA, 2007; Ramírez *et al.*, 2013). Este cultivo ocupa el tercer lugar en producción de los cultivos forrajeros en México, con el 10 % de la producción total (SIACON, 2013). Algunos cultivos utilizan fertilizantes alternativos a los fertilizantes químicos, tales como abonos orgánicos, estiércol, lixiviado y abonos verdes (Trujano *et al.*, 2008). Preciado *et al.* (2014) mencionaron que con el uso de lixiviados pueden obtenerse resultados similares a los obtenidos con una fertilización inorgánica convencional. Asimismo, señalaron que una alternativa para disminuir los costos y la dependencia con los fertilizantes sintéticos, es la utilización de algunos materiales orgánicos líquidos como el lixiviado de vermicomposta. Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue el de evaluar la respuesta del cultivo de

avena forrajera (*Avena sativa* L.) a la aplicación de lixiviados de lombricomposta en Cuautitlán Izcalli, México.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM (FES-C), durante el año de 2015. La FES-C se encuentra a 2,258 msnm, en Cuautitlán Izcalli, Estado de México. El clima corresponde a un Templado Subhúmedo (Cw_0), con lluvias de verano; la temperatura media anual es de 15.2 ºC y la precipitación media anual de 612.1 mm (Rodríguez, 2014). El suelo es de color gris, pH de 7.0 y con el 3.3 % de materia orgánica (Castillo *et al.*, 2014). Se utilizó la variedad Chihuahua de avena forrajera, la cual fue sembrada de forma mecanizada el 9 de enero de 2015 y cosechada de forma manual el 20 de mayo de 2015. Se aplicaron 3 riegos (siembra y dos de auxilio). Se trabajó en dos melgas de la parcela 25 del CEA (Centro de Enseñanza Agropecuaria) de la FES-C, las cuales fueron de 1,227 y de 1,245 m^2.
Los tratamientos evaluados fueron: 1) Aplicación de fertilizante químico (70-40-00 en la siembra y la segunda fertilización 70-70-00 en la etapa vegetativa, a los 50 días después de la emergencia); 2) Aplicación de lixiviados de lombricomposta a una dosis de 3.0 l ha^{-1}, en dos aplicaciones: la primera a los 50 días y la segunda a los 96 días, después de la emergencia. Estas aplicaciones fueron en forma foliar. La unidad experimental fue de 1 m^2, distribuidas en forma aleatoria en toda la melga del cultivo, con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: a) Parámetro fenológico: se consideraron las fases fenológicas y la duración de las etapas fenológicas. Se determinó la acumulación de calor en cada etapa, a través del Método Residual (UC=temperatura media – temperatura base); se consideró 5 °C como temperatura base. También se tomaron datos de altura de planta cada 15 días después de la emergencia (DDE). En la cosecha se tomaron 5 tallos al azar de cada repetición, con un total de 20 tallos por tratamiento, de los cuales se tomó la hoja anterior a la hoja bandera para medir su longitud y ancho. b) Rendimiento: al momento de la cosecha se determinó el peso en base húmeda de la toda la parcela útil (1 m^2) en cada repetición (cuatro); se tomó una muestra de 500 g de forraje verde en cada repetición, para secarse en una estufa a 60 °C por 48 horas y determinar el peso en base seca por unidad de superficie cosechada. Los datos de forraje en base húmeda y base seca fueron extrapolados a Megagramos por hectárea (Mg ha^{-1}) Un Mg es igual a una tonelada. c) Estudio químico: de las muestras secas de forraje de avena, se preparó una muestra compuesta por tratamiento (500 g) para el análisis proximal. Durante el desarrollo del cultivo también se registraron los datos climáticos de la zona de trabajo. Los datos fueron analizados por un ANDEVA, y por un análisis de comparación de grupos o medias independientes el cual fue con una prueba de t de Student, con el uso del programa estadístico Statgraphics Centurion XVI (Statgraphics Inc., 2016). Se trabajó con una significancia igual a 0.05.

Resultados y Discusión

Se registraron las condiciones ambientales durante desarrollo del cultivo en campo. En la Figura 1 se presentan las tendencias de la temperatura ambiental y de la precipitación. La temperatura ambiental se encontró en rangos óptimos para el desarrollo del cultivo de avena. Sólo se presentaron heladas durante los meses de enero y febrero, pero no causaron daños en el crecimiento de las plantas. La precipitación acumulada en este periodo fue de 114.9 mm por lo que se aplicaron tres riegos al cultivo.

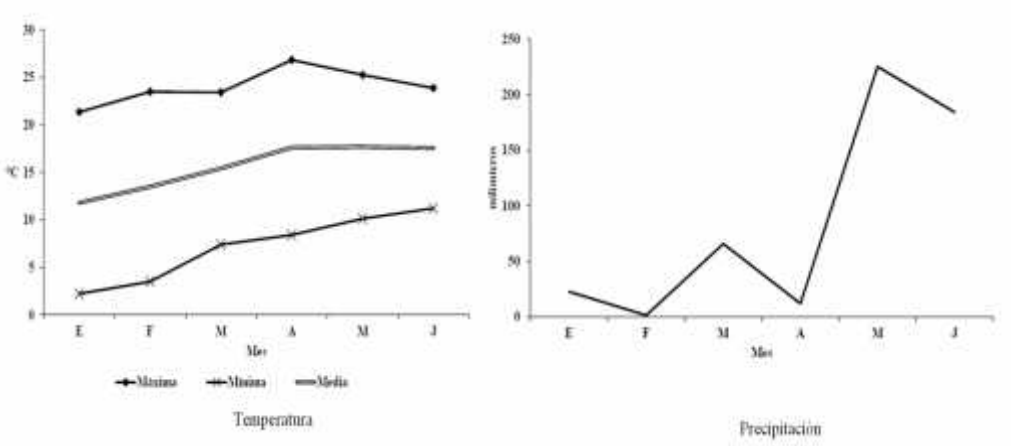


Figura 1. Tendencia de la temperatura ambiental promedio mensual y de la precipitación (Estación meteorológica FES-C, 2015).

a) Parámetro fenológico del cultivo: Con respecto a la altura de planta, en la Figura 2 se ilustran los valores alcanzados en cada tratamiento.

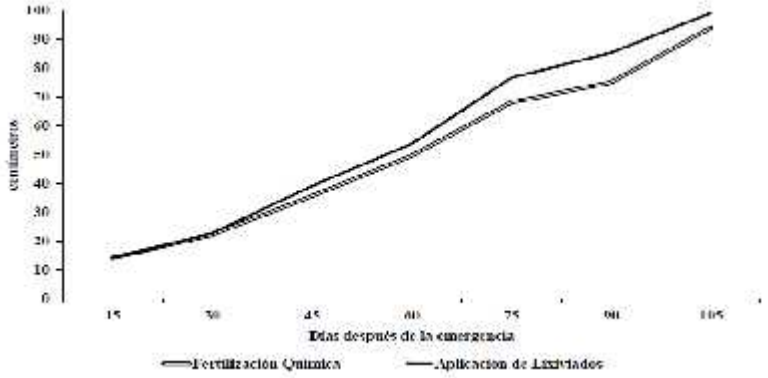


Figura 2. Altura de planta promedio en cada tratamiento evaluado.

Se observó que las plantas donde se aplicó lixiviado de lombricomposta, en términos numéricos, fueron 5 cm más altas que las del tratamiento con fertilizante químico y esta característica resulto ser diferente significativamente (α=0.05). En el Cuadro 1 se presentan los datos de la fenología de la avena, la duración de cada etapa y la acumulación de calor en cada una de ellas y por fase fenológica, de acuerdo al tratamiento de nutrición aplicado. En términos generales no se observaron diferencias, sin embargo, a los 118 días, momento del corte, las plantas donde se aplicó el lixiviado presentaron el 50 % de floración, mientras que las plantas donde se aplicó el fertilizante químico sólo exhibían el 15 % de su floración, lo que permite ver que el lixiviados tiene efecto sobre el desarrollo fenológico de las plantas de avena forrajera. Por lo tanto, se observó un mayor desarrollo de las plantas con el tratamiento de lixiviado de lombricomposta que representó un mayor rendimiento al final de la investigación.

Al momento de la cosecha de los cinco tallos de cada repetición, con un total de 20 tallos por tratamiento, se midieron la longitud y ancho de ellas (Cuadro 2). Los datos obtenidos no mostraron diferencia estadística significativa, lo que permite establecer que no hubo afectación en el crecimiento de la planta por la aplicación de lixiviados en referencia a la fertilización química.

Cuadro 1. Unidades calor acumuladas por etapa y fase fenológica en el cultivo de avena, 2015. Cuautitlán Izc, Méx.

Fertilización Química			Aplicación de lixiviados		
Etapa fenológica	**Duración (días acumulados)**	**Unidades calor acumuladas**	**Etapa fenologica**	**Duración (días acumulados)**	**Unidades calor acumuladas**
Germinación:	12	84.5	Germinación:	12	84.5
Vegetativa:	55	483.7	Vegetativa:	59	533.4
Amacollamiento	25	177.9	Amacollamiento	25	177.9
Enlongación del tallo	14	147.9	Enlongación del tallo	19	204.5
Estado de bota	16	157.9	Estado de bota	15	151.0
Reproductiva:	51	617.3	Reproductiva:	47	567.8
Emergencia de la inflorescencia	18	198.7	Emergencia de la inflorescencia	12	126.0
Emergencia de panícula	18	224.4	Emergencia de panícula	15	180.1
Panícula abierta	15	194.2	Panícula abierta	20	261.7
Cosecha	118	1185.4	Cosecha	118	1185.4
Fase fenológica			**Fase fenológica**		
Siembra			Siembra		
Emergencia	12	84.5	Emergencia	12	84.5
Floración (15%)	118	568.2	Floración (50%)	118	617.9
Cosecha	118	1185.4	Cosecha	118	1185.4

Cuadro 2. Valores promedio de ancho y longitud de hoja del cultivo de avena, al corte.

	Fertilización Química		Aplicación de lixiviados	
Repetición	**Ancho (cm)**	**Longitud (cm)**	**Ancho (cm)**	**Longitud (cm)**
1	1.4	32.5	1.5	39.2
2	1.4	41.8	1.	34.3
3	1.6	33.6	1.5	37.2
4	1.4	37.1	1.5	38.2
Promedio	1.4	36.2	1.4	37.2

b) Rendimiento: la producción de materia en base húmeda (MV) reportó un rendimiento promedio de 73.79 y 91.03 Mg ha^{-1}, para la aplicación de fertilizante químico y lixiviado, respectivamente, y con el análisis de varianza se obtuvo una diferencia estadística significativa. En lo que respecta a la producción de materia en base seca (MS), se obtuvo un rendimiento promedio de 16.31 y 20.21 Mg ha^{-1}, para la aplicación de fertilizante químico y lixiviado, respectivamente. El análisis de varianza también mostró una diferencia estadística significativa.

c) Estudio químico: El análisis proximal realizado a las muestras de forraje seco se reportan en el Cuadro 3. No se obtuvieron diferencias estadísticas significativas entre las variables analizadas. Esto muestra que el uso de lixiviados de lombricomposta no afecta la calidad del forraje comparado con los datos de la fertilización química.

Al momento de cosechar, se tuvo diferencias en el porcentaje de floración (Cuadro 1) alcanzado en cada tratamiento aplicado, lo que permite definir que el contenido nutrimental de la planta está relacionado con el estado fenológico de la planta. Conforme avanza la madurez de la planta, el porcentaje de proteína cruda (PC) disminuye y se incrementa el porcentaje de fibra cruda, puesto que la planta tiende a lignificar estructuras como el tallo. La PC estaría dirigida hacia la formación de semilla, y eso puede verse por el porcentaje de floración de las plantas al momento del corte, en cada tratamiento evaluado. Posteriormente la fibra tiende a decrecer en las siguientes etapas de desarrollo del cultivo como resultado del incremento y llenado del grano por almidón, lo cual tiende a diluir la

fibra presente en la planta manteniendo la digestibilidad (FAO, 2004; Dumont y Lanuza, 1990).

Cuadro 3. Resultados del análisis químico proximal del forraje del cultivo de avena.

Variable	Fertilización Química	Aplicación de lixiviado
Extracto etéreo (%)	3.13	2.97
Cenizas (%)	10.09	10.47
Proteína cruda (%)	8.70	8.21
Fibra cruda (%)	33.30	35.32
Extracto libre de nitrógeno (%)	44.77	43.08

Conclusiones

Se deja evidencia de que la aplicación de lixiviados de lombricomposta mantienen e incrementan el rendimiento de avena forrajera, bajo las condiciones en que se desarrolló este trabajo. Asimismo, el valor nutrimental del forraje en el tratamiento en que se utilizaron lixiviados de lombricomposta, no presentó diferencia estadística significativa con respecto al tratamiento en que se utilizó fertilización química. Por lo tanto, el uso de productos orgánicos disminuye la aplicación de agroquímicos con la consecuente reducción de los costos de producción en los sistemas agrícolas, y disminución de los efectos perjudiciales al ambiente que causan los fertilizantes.

Agradecimiento

Se agradece al personal técnico del Laboratorio de Técnicas de Mejoramiento Genético, de la Estación Meteorológica, del Departamento de Ciencias Agrícolas y al Centro de Enseñanza Agropecuaria de la FES-C, por el apoyo recibido para el desarrollo de este trabajo.

Bibliografía

Castillo, V.X., Fonseca, R.L.A., Fones,G.S., Echeverría, V.Y.U., Chávez, P.S., Mercado, M.G. 2014. Variación del rendimiento del cultivo de frijol en relación al abonado bajo condiciones de temporal. Memorias del XXXIX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Celebrado del 19 al 24 de octubre del 2014. Cd. Juárez, Chih. México.

Dumont, J.C., Lanuza, F. 1990. Producción y composición química de la avena (*Avena sativa* L.) en diferentes estados de desarrollo. Agric. Técnica (Chile) 50: 1-6.

FAO. 2004. Fodder Oats: a World Overview. Agriculture Department. Plant Production and Protection, Series No. 33. Suttle, J.M, Reynolds, S.G. (eds.). En: www.fao.org/docrep/008/ y5765e/y5765e00.htm. Fecha de consulta el 15 de noviembre de 2015.

Ramírez, O.S., Diaz, D.D., Salmerón, Z.J.J., Villalobos, V.G., Ortega, G.J.A. 2013. Yield and quality of forage varieties of oats according to planting system and maturity stage at cutting. Revista Fitotecnia Mexicana 36: 395-403.

Preciado, R.P., García H.J.L., Segura, C.M.A., Salas, P.M.A., Ayala, G.A.V., Esparza, R.J.R, Troyo, D.E. 2014. Efecto del lixiviado de vermicomposta en la producción hidropónica de maíz forrajero. Terra Latinoamericana, 32(4): 333-338.

Rodríguez, R.M. 2014. Normal climática de la Estación Meteorológica Almaraz, Cuautitlán Izcalli, México (1987-2013). Tesis de Licenciatura Ingeniería Agrícola. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.

SAGARPA. 2007. Expectativas de producción y demanda de granos forrajeros. Informe final.

SIACON (Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta). 2013. En: http://infosiap.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=286&Itemid=428. Fecha de consulta el 1 de diciembre de 2015.

Trujano, S.L.D., González, P.A., Jaimes, J.J., Cueto, W.J.A., Hernández, S.J.R. 2008. Evaluación de fertilizantes sobre la avena. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas. 7: 73-82.

CALIDAD NUTRITIVA DEL MAÍZ FORRAJERO EN FUNCIÓN DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA E INORGÁNICA

Moreno-Reséndez, A.[1¶♠*], Cantú-Brito, J.E.[1], Reyes-Carrillo, J.L.[1¶♠], González-Avalos, R.[1] y Cerda-García, P.A.[2]

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México.
[¶]Integrante del Cuerpo Académico de Sistemas Sustentables para la Producción Agropecuaria (CASISUPA) de la UAAAN. Clave: UAAAN-CA-14.
[♠]Integrante de la Red Académica de Innovación en Alimentos y Agricultura Sustentable (RAIAAS) – Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Coahuila de Zaragoza – Comunidad de Instituciones de Educación Superior de la Laguna (COECYT-CIESLAG), México
[2]Acadian Seaplants, LTD. Torreón, Coahuila, México.

*Autor responsable: alejamorsa@yahoo.com.mx; Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fe s/n. Col. Valle Verde, Torreón, Coahuila. México. CP 27059; Tel. +52(871)-729-7677

Resumen

La investigación se realizó en una parcela comercial del ejido Granada, municipio de Matamoros, Coahuila, localizado dentro de la Comarca Lagunera, de abril a agosto de 2015, para determinar el efecto de dos fuentes de fertilización – orgánica e inorgánica, sobre la calidad nutritiva del maíz forrajero, utilizando un diseño experimental de bloques al azar con dos tratamientos: T1 = fertilizantes de origen marino y T2 = Testigo regional, y 16 repeticiones. Las variables evaluadas fueron: calidad nutritiva, producción de litros de leche por tonelada de materia seca y de litros de leche por hectárea. Debido al efecto de los tratamientos evaluados se registraron diferencias estadísticas significativas, tanto para las variables de la calidad nutritiva del maíz: fibra detergente ácida y neutra, carbohidratos no fibrosos, total de nutrientes digestibles, energía neta para lactancia, como para la producción de litros de leche por tonelada de materia seca y de litros de leche por hectárea, a favor de la fertilización orgánica. Se puede concluir que los fertilizantes de origen marino aplicados al maíz forrajero incrementaron, tanto la calidad nutritiva de este cultivo, como la producción de litros de leche por tonelada de materia seca y por hectárea de este forraje.

Palabras clave
Abonos orgânicos; forrajes; producción de leche

Introducción

La Comarca Lagunera ha sido considerada, a través del tiempo, como una de las cuencas lecheras de mayor importancia en México (Pedroza-Sandoval *et al*., 2014), esta producción se basa principalmente en la explotación intensiva de forrajes de alta calidad y rendimiento - entre los cuales destacan: alfalfa, avena, maíz, sorgo, trigo y triticale - desarrollados en los ciclos productivos de primavera, verano e invierno (Zamora-Villa *et al*., 2016) a partir de los cuales se obtiene la materia prima para elaborar las raciones alimenticias del ganado bovino.
El cultivo de maíz para producción de forraje, constituye una forma rápida de obtener elevados índices de productividad de materia seca (MS) y de calidad ideal para la alimentación de bovinos, cuando se suministra en forma de forraje fresco o ensilado (Iqbal *et al*., 2015). Adicionalmente, este forraje en

estado verde contiene de 7.2 a 8.5 % de proteína, de 32.5 a 33.5 % de fibra cruda, de 1 a 2.5 % de grasa, además de contener altas cantidades de carbohidratos, tienen el potencial de proporcionar un material rico en energía para la alimentación del ganado y puede ser utilizado con seguridad en todos los niveles de producción sin causar daños por el ácido oxálico o por el ácido cianhídrico (prúsico) como es el caso del sorgo (Dahmardeh, 2011). La nutrición de las plantas es uno de los factores fundamentales en la producción de los cultivos y desempeña un papel esencial para garantizar el rendimiento adecuado de los forrajes (Iqbal *et al*., 2015). Respecto a la nutrición, Fortis-Hernández *et al*. (2009) destacan que la producción de forrajes de alta calidad, sin emplear fertilizantes sintéticos, es una necesidad en áreas donde la limitación de los recursos naturales es notoria. Además, ya es ampliamente reconocido que debido al incremento de las actividades antropogénicas todos los ecosistemas han sido impactados por la liberación de elementos contaminantes como metales pesados, organismos patógenos, plaguicidas y fertilizantes sintéticos (FS), alterando sus condiciones naturales, situación que se refleja en la salud del ser humano (García-Gutiérrez y Rodríguez-Meza, 2012). Debido a esta condicionante, unido al incremento continuo del precio de los FS, ha surgido la necesidad de buscar alternativas para reducir el empleo éstos (Contreras *et al*., 2014). Una alternativa a la aplicación de los FS, constituye la aplicación de abonos orgánicos que contienen parte del N en formas orgánicas, más o menos estables, que al mineralizarse paulatinamente quedan disponibles para los cultivos en desarrollo, por lo que potencialmente los FS pueden ser sustituidos por estos materiales (Ramos-Agüero y Terry-Alfonso, 2014). Otra alternativa que ha despertado el interés en el ámbito agropecuario es el uso de extractos de algas marinas. Zermeño-González *et al*. (2015) destacan que la aplicación de estos extractos, como biofertilizantes, al suelo y al follaje, aumenta el rendimiento y la calidad de diversos cultivos, relacionado a un aumento en la tasa fotosintética de las plantas. Por lo anteriormente descrito, se avaluó el efecto de los fertilizantes orgánicos líquidos de origen marino, Acadian Suelo y Acadian Foliar (Stimplex) [Acadian Seaplants Mexicana, S.A. DE C.V. ®] sobre la calidad nutritiva del maíz forrajero, durante el ciclo primavera – verano de 2015.

Materiales y Métodos

El lote experimental de 22 ha, conocido como las "Tablas de Solima", del municipio de Matamoros, Coahuila, se ubica dentro de la Comarca Lagunera (101° 41' y 104° 61' O, y 24° 59' y 26° 53' N, con 1100 m de altitud media, con clima seco desértico, precipitación de 258 mm y temperatura promedio anual de 21 °C (García, 1973). El estudio se realizó de abril a agosto/2015. La superficie, cuyo cultivo previo fue maíz de verano, fue barbechada y rastreada. La siembra del híbrido 2A120 (Dow AgroSciences de México, S.A de C.V. ®) con 99 % de pureza, se realizó en seco, el 20/04/2015, con 6 a 7 semillas por metro lineal (60, 000 plantas•ha^{-1}). Cuatro días después se aplicó el primer riego, y tres riegos adicionales, con 28 a 30 días de intervalo, para una lámina total de 80 cm, con un sistema tipo válvula alfalfera (Delgado-Ramírez *et al*., 2013).

Se evaluaron los tratamientos T1 = Acadian suelo [inoculación de 200 mL•20 kg^{-1} a la semilla y aplicación al suelo en 2do y 3er riego de auxilio (0.5 L•ha^{-1}•$riego^{-1}$)] + Acadian foliar (Stimplex) [con dos aplicaciones al follaje, de 0.5 L•ha^{-1}, cuando las plantas presentaron cuatro y seis hojas verdaderas, con el aspersor Hagie 10STS, Hagie ® Inc. USA] y T2 = Testigo regional: a la siembra se aplicó la dosis 50-80-00 (N-P-K), usando $(NH_4)_2SO_4$ y MAP y al primer riego la dosis 140-00-00, con urea. El Acadian Suelo y el Stimplex, poseen certificaciones OMRI y BSC, son formulaciones diseñadas para aplicaciones al suelo (pH de 7.8-8.2) y al follaje (pH de 3.6-4.2), respectivamente. La composición química del Acadian es: 0.34, 6.84, 14.16, 3.95, 0.168, 0.23 % de N, K, MO, S, Ca, Mg, así como 64.5, 40.2, 3.6 y 7.5 ppm de B, Fe, Mn y Zn, respectivamente. Mientras que el Stimplex

contiene: 0.3, 1.0, 4.0, 8.0, 0.5, 0.05, 15.0 5.0 % de N, P, K, MO, S, Mg, Bo y Zn, respectivamente, así como 280 ppm de Ca (Terralia, 2016).

Debido a que se registraron precipitaciones pluviales extraordinarias, durante el ciclo del cultivo, la cosecha se realizó hasta los 112 dds. Momento que se aprovechó para obtener muestras en verde, de cada tratamiento y repetición, éstas se colocaron en bolsas de papel estraza, debidamente identificadas, para su traslado al laboratorio AGLOLAB de México y después de registrar su peso se colocaron en una estufa de aire forzado a 72 °C y por un período de 24 h. En el follaje seco se determinó la calidad MS, utilizando espectroscopia de infrarrojo cercano, así como: los contenidos de proteína cruda (PC), fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN), carbohidratos no fibrosos (CNF), total de nutrientes digestibles (TND) y energía neta para lactancia (ENL). El potencial de producción de leche por tonelada de MS y por hectárea se determinaron empleando el programa Milk 2006 (Wisconsin University, 2013). Para el experimento se utilizó un diseño de bloques al azar con dos tratamientos y 16 repeticiones. Para los análisis estadísticos se aplicaron ANDEVAs y la separación de medias con la prueba $DMS_{5\%}$ (Olivares-Sáenz, 1993).

Resultados y Discusión

Los ANDEVAs registraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para: PC, FDA, FDN, CNF, TND y ENL, debido a los fertilizantes orgánicos, éstos favorecieron incrementos en cuatro de las seis variables de calidad en estudio: PC, FDA, FDN y TND (cuadro 1). De acuerdo con Schwab *et al*. (2003) las concentraciones de PC, FDN y CNF y la digestibilidad de estos componentes inciden en el valor energético de los forrajes.

Cuadro 1. Valores promedio y significancia estadística de las variables de calidad en materia seca de maíz forrajero, desarrollado con diferentes fuentes de fertilización, orgánica e inorgánica.

Tratamiento	PC	FDA	FDN	CNF	TND	ENL
	(%)					(Mcal•kg^{-1})
T1	9.6 a	35.9 a	53.5 a	21.2 b	47.0 a	0.98 b
T2	8.6 b	27.2 b	42.6 b	31.4 a	46.0 b	1.05 a

PC = proteína cruda, FDA = fibra detergente ácido FDN = fibra detergente neutro, CNF = carbohidratos no fibrosos, TND = total de nutrientes digestibles; ENL = energía neta para lactancia. Medias con diferente letra dentro de las columnas son diferentes estadísticamente ($DMS_{0.05}$)

El contenido de PC del maíz con fertilización orgánica (FO) superó en 10.41 % a la PC con fertilización inorgánica. Los valores de PC (cuadro 1) resultaron ligeramente superiores al intervalo promedio, de 7.9 a 9.1 %, reportado para diferentes híbridos de maíz forrajero – intermedios y precoces – evaluados en la Comarca Lagunera (INIFAP, 2006). Por otro lado, los valores obtenidos con la FO y la FS, cosechando a los 112 dds en el presente experimento, superaron a los valores de PC, 7.8, 7.4 y 6.5 %, reportados por Amodu *et al*. (2014) en maíz forrajero, en tres fechas de cosecha, a los 91, 105 y 119 dds, respectivamente.

El mayor contenido de PC, 9.6 %, registrado en el maíz con los fertilizantes orgánicos, puede deberse a que estos materiales, además de ser una fuente de elementos nutritivos de lenta liberación en el suelo (Mulet-del-Pozo *et al*., 2008), que se ponen a disposición de las plantas conforme éstas los demandan (Domínguez *et al*., 2010) también contienen altos contenidos de N mineral para los cultivos (Ramos-Agüero y Terry-Alfonso, 2014), éste es un constituyente esencial de los aminoácidos, los cuales son las unidades básicas de las proteínas (Rasheed *et al*. (2004).

La FO favoreció el contenido de FDA, el cual superó en 24.33 % al contenido de fibra derivado de la fertilización inorgánica. El intervalo de valores de FDA (cuadro 1) fue similar al rango, de 27.3 a 34.7 %, reportado para maíces forrajeros - intermedios y precoces en la Comarca Lagunera (INIFAP, 2006). Mientras que con respecto a los valores de FDA, de 24.7 y 30.8 %, determinados por Amodu

et al. (2014) en dos variedades de maíz, aplicando FS resultaron ligeramente superiores. Por otro lado, la aplicación de abonos orgánicos - Vermicompost y Biocompost – al híbrido HT90-19HR provocó que la FDA alcanzará valores entre 26.5 y 28.7 %, mientras que Salazar-Sosa *et al*. (2007), aplicando 40 Mg•ha^{-1} de estiércol bovino, a la variedad de maíz San Lorenzo, reportaron 28 % de FDA. Esto valor fue superado en al menos 20.05 % de contenido de FDA por el valor de 35.9 %, obtenido en el presente experimento con FO. Valor que pudiera reducir el consumo de materia seca del maíz forrajero evaluado, debido al mayor contenido de componentes de la pared celular (Castillo-Jiménez *et al*., 2009).

Los valores de FDN del maíz forrajero del presente experimento (cuadro 1) resultaron inferiores al intervalo promedio de 44.7 y 59.8 % reportado para 11 híbridos de origen templado y siete de origen tropical (Núñez-Hernández *et al*., 2004) e igualmente resultaron inferiores al intervalo promedio de 48.3 y 59.3 % reportado para este tipo de fibra en maíces forrajeros – intermedios y precoces – desarrollados con FS en la Comarca Lagunera (INIFAP, 2006). También fueron superados por el promedio de 66.31 % de FDN reportado para cinco genotipos de maíz, desarrollados bajo condiciones limitadas de agua de riego y FS, en la Comarca Lagunera (Gallegos-Ponce *et al*., 2012).

A diferencia del comportamiento observado para PC, FDA y FDN, los CNF fueron favorecidos significativamente por los FS. El contenido de CNF registrado con la FO fue 32.5 % menor que valor obtenido con la FS (cuadro 1). En contraposición a lo establecido por Urrutia-Morales *et al*. (2014) de que los mayores contenidos de FDN y de CNF reducen la digestibilidad de los materiales, en este trabajo la reducción en la digestibilidad del maíz podría deberse solo al contenido de FDN y no al contenido de CNF que se registraron al aplicar los fertilizantes orgánicos.

Para TND la FO superó significativamente a la FS (cuadro 1). Sin embargo, en atención a lo establecido por Olague-Ramírez *et al*. (2006) respecto a esta característica, de que los forrajes de alta calidad deben contener valores ≥ 65 % de TND, los valores obtenidos con ambas fuentes de fertilización, 47.0 y 46.0 %, permiten suponer que el hibrido 2A120, resultó ser de menor calidad forrajera. Por su parte, Kim *et al*. (2001) al evaluar cinco híbridos de maíz y cinco fechas de cosecha, reportaron un TDN promedio óptimo de 64.6 %, a los 111 dds, días similares a la fecha de corte del maíz forrajero en el presente experimento, el cual superó en 27.2 % al valor obtenido con la FO.

Al igual que para el contenido de CNF, respecto a la ENL, la FS superó significativamente a la FO (cuadro 1). Los valores de 0.98 y 1.05 Mcal•kg^{-1} de MS, fueron superados en al menos un 30 % de ENL, por el promedio reportado por Núñez-Hernández *et al*. (2010), quienes al estudiar 21 variedades de maíz forrajero, en la Comarca Lagunera, con FS determinaron un valor promedio de 1.52 Mcal•kg^{-1} de MS. Los bajos valores de ENL registrados en ambos tratamientos en gran parte se pueden deberse, como lo destacan Núñez-Hernández *et al*. (2004) a que en los programas de selección de líneas para formar híbridos forrajeros se otorga mayor relevancia al rendimiento del forraje por unidad de superficie, que a la calidad nutritiva de los materiales. La FO del híbrido 2A120, generó un forraje de calidad media, ya que los valores registrados en las variables en estudio resultaron ligeramente inferiores o similares a los valores reportados por Zamora-Villa *et al*. (2016).

El programa Milk 2006 de la Universidad de Wisconsin se utilizó para determinar los litros de leche por tonelada de MS y por hectárea. Respecto a los kilogramos de leche por tonelada de MS, los valores obtenidos con la FO e inorgánica fueron 764 y 765 kg•t^{-1} de MS, respectivamente y fueron ligeramente superiores al valor promedio de 751 kg•t^{-1} de MS, reportado por Peña-Ramos *et al*. (2006). Derivado de la FO e inorgánica se estimó una producción de 15.4 y 13.7 t•ha^{-1}, respectivamente. La producción de leche con FO superó en 30 % al valor promedio de 10.71 t•ha^{-1}, determinado por González-Castañeda *et al*. (2006) en dos híbridos de maíz.

Conclusiones

Es factible obtener mayor calidad nutritiva en maíz forrajero de primavera con la aplicación de Acadian suelo y Stimplex ya que existió un efecto favorable a estos abonos orgánicos. El forraje cosechado fue de calidad media, ya que los resultados obtenidos presentaron valores inferiores respecto a los materiales forrajeros de referencia. Lo anterior puede haberse debido al estado de madurez del cultivo, ya que la cosecha se retrasó en 22 días debido a las precipitaciones registradas cerca del período de cosecha.

Referencias

Amodu J. T., T.T. Akpensuen, D.D. Dung, R.J. Tanko, A. Musa, S.A. Abubakar, M.R. Hassan, J.O. Jegede and I. Sani. 2014. Evaluation of maize accessions for nutrients composition, forage and silage yields. J. Agricul. Sci. 6(4): 178-187.

Bettiol, W. 2006. Productos alternativos para el manejo de enfermedades en cultivos comerciales. Fitosanidad. 10(2): 85-98.

Castillo-Jiménez, M., A. Rojas-Bourrillón y R. WingChing-Jones. 2009. Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asocio con vigna (*Vigna radiata*). Agronomía Costarricense. 33(1): 133-146.

Contreras, J. I., G. Cánovas y R. Baeza. 2014. Aplicación en fondo de fertilizantes organominerales como alternativa a la fertirrigación convencional en cultivos hortícolas: II. Efecto sobre la dinámica de producción de frutos y nutrientes en suelo. *In*: V Jornadas Fertilización SECH. Actas de Horticultura 66: 59-64.

Dahmardeh, M. 2011. Effect of plant density and nitrogen rates on PAR absorption and maize yield. Am. J. Plant Physiol. 6(1): 44-49.

Delgado-Ramírez, G., J. Estrada-Ávalos, R. Trucíos-Caciano, M. Rivera-González y E.A. Catalán-Valencia. 2013. Metodología para la evaluación de la eficiencia global del riego en sistemas tipo válvulas alfalferas: caso región lagunera. Rev. Chapingo Serie Zonas Áridas. 12(1): 3-6 .

Domínguez, J., M. Gómez-Brandón, & C. Lazcano. 2010. Propiedades bioplaguicidas del vermicompost. Acta Zoológica Mexicana, 26(spe2): 373-383.

Fortis-Hernández, M., J.A. Leos-Rodríguez, P. Preciado-Rangel, I. Orona-Castillo, J.A. García-Salazar, J.L. García-Hernández y J.A. Orozco-Vidal. 2009. Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. Terra Latinoamericana. 27(4): 329-336.

Gallegos-Ponce, A., A. Martínez-Ríos, M. Fernando-Sánchez, R. Figueroa-Viramontes, S. Berumen-Padilla, J. Venegas-Soto, J.D. Quevedo-Guillen, D. Escobedo-López y M.C. Silos-Calzada. 2012. Calidad nutricional de maíz forrajero (*Zea mays* L.) bajo condiciones limitadas de agua de riego. AGROFAZ. 12(1): 59-66.

García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. México, D. F. 217 p.

García-Gutiérrez, C. y G.D. Rodríguez-Meza. 2012. Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa. Ra Ximhai. 8(3): 1-10.

González-Castañeda, F., A. Peña-Ramos y G. Núñez-Hernández 2006. Etapas de corte, producción y calidad forrajera de híbridos de maíz de diferente ciclo biológico. Rev. Fitotecnia Mexicana. 29(Es2): 103-107.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2006. Maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional. Libro Científico No. 3. Ed. INIFAP. México. 1ª Ed. 254 p. Disponible en: http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/1950/Maiz%20forrajero%20de%20alto%20rendimiento%20y%20calidad%20nutricional.pdf?sequence=1. Fecha de consulta: 10 de junio de 2016.

Iqbal, M.A., A. Iqbal, A. Ahmad, A. Raza and F. Nabeel. 2015. Overviewing forage maize yield and quality attributes enhancement with plant nutrition management. World J. Agricultural Sciences 11(3): 128-134.

Kim, J. D., Kwon, C. H. and Kim, D. A. 2001. Yield and quality of silage corn as affected by hybrid maturity, planting date and harvest stage. Asian-Aust. J. Anim. 14(12): 1705-1711.

Mulet-del-Pozo, Y., M.E. Díaz-Álvarez y E.E. Vilches-León. 2008. Determinación de algunas propiedades físico-mecánicas, químicas y biológicas del humus de lombriz en condiciones de la vaquería de la finca Guayabal, San José de las Lajas, La Habana, Cuba. Rev. C. Técnicas Agropecuarias. 17(1): 27-30.

Núñez-Hernández, G., G.F. Contreras, y R. Faz-Contreras. 2004. Producción, composición química y digestibilidad in vitro de híbridos de maíz de origen tropical y templado en la región árida de México. Avances en Investigación Agropecuaria. 8(1): 1-9.

Núñez-Hernández, G., J.A. Payán-García, A. Pena-Ramos, F. González-Castañeda, O. Ruiz-Barrera y C. Arzola-Álvarez. 2010. Caracterización agronómica y nutricional del forraje de variedades de especies anuales en la región norte de México. Rev. Mex. C. Pecuarias. 1(2): 85-98.

Olague-Ramírez, J., J.A. Montemayor-Trejo, S.R. Bravo-Sánchez, M. Fortis-Hernández, R.A. Aldaco-Nuncio y E. Ruiz-Cerda. 2006. Características agronómicas y calidad del maíz forrajero con riego sub-superficial. Tec Pecu. Méx. 44(3): 351-357.

Olivares-Sáenz, E. 1993. Diseño experimental Software. V. 2.4. Facultad de Agronomía – UANL. Marín, México.

Pedroza-Sandoval, A., J.L. Ríos-Flores, M. Torres-Moreno, J.E. Cantú-Brito, C. Piceno-Sagarnaga y L.G. Yáñez-Chávez. 2014. Eficiencia del agua de riego en la producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) y alfalfa (*Medicago sativa*): impacto social y económico. Terra Latinoamericana. 32(3): 231-239.

Peña-Ramos, A., F. González-Castañeda, G. Núñez-Hernández y L.H. Maciel-Pérez. 2006. Producción y calidad forrajera de híbridos precoces de maíz en respuesta a fecha de siembra, nitrógeno y densidad de población. Rev. Fitotec. Mex. 29 (3): 207-213.

Ramos-Agüero, D. y E. Terry-Alfonso. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. Cultivos Tropicales. 35(4): 52-59

Rasheed, M., H. Ali and T. Mahmood. 2004. Impact of nitrogen and sulfur application on growth and yield of maize (*Zea mays* L.) crop. J. Res. Sci., 15: 153-157.

Salazar-Sosa, E., H.I. Trejo-Escareño, C. Vázquez-Vázquez y J.D. López-Martínez. 2007. Producción de maíz bajo riego por cintilla, con aplicación de estiércol bovino. Rev. Int. Bot. Exp. 76: 169-185.

Schwab, E.C., R.D. Shaver, J.G. Lauer and J.G. Coors. 2003. Estimating silage energy value and milk yield to rank corn hybrids. Animal Feed Science and Technology. 109: 1–18.

Terralia. 2016. Acadian. Ficha Técnica. Disponible en: http://www.terralia.com/agroquimicos_de_mexico/index.php?proceso=registro&numero=7223&id_marca=2560&base=2012. Fecha de consulta: 09 de agosto de 2016.

Urrutia-Morales, J., A. Hernández-Alatorre, J.F. Cervantes-Becerra y H. Gámez-Vázquez. 2014. Características nutricionales del forraje de mijo perla en cuatro estados fenológicos. Rev. Mex. C. Pecuarias. 5(3): 321-330.

Zamora-Villa, V.M., M. Colín-Rico, M.A. Torres-Tapia. A. Rodríguez-García y M.A. Jaramillo-Sánchez. 2016. Producción y valor nutritivo en fracciones de forraje de trigos imberbes. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 7(2): 291-300.

Zermeño-González, A., G. Mendez-López, R. Rodríguez-García, M. Cadena-Zapata, J.O. Cárdenas-Palomo y E.A. Catalán-Valencia. 2015. Biofertilización de vid en relación con fotosíntesis, rendimiento y calidad de frutos. Agrociencia. 49(8): 875-887.

FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN LA PRODUCCIÓN DE ALGODÓN EN UNA REGIÓN ÁRIDA DEL NORTE DE MÉXICO

Navarro-Morones, M.[1]; López-Martínez J.D.[1*]; López-González, R.I.[1]; López-González, J.D.[2]; Luna-Anguiano J.[3]

[1]Facultad de Agricultura y Zootecnia-Universidad Juárez del Estado de Durango. Apartado Postal 142. CP 35000. Gómez Palacio, Durango, México.
[2]Universidad Tecnológica de La Laguna Carretera Torreón-Ciudad Juárez km 7.5, Ejido Las Cuevas. C.P. 35185. Lerdo, Durango, México.
[3]Universidad Politécnica de Gómez Palacio. Carretera El Vergel-La Torreña km 0+820, Loc. El Vergel. C.P. 35120. Gómez Palacio, Durango, México.

*Autor de contacto: pepe_dimaslopez@hotmail.com. Calle Ignacio Zaragoza No. 150 Norte. Colonia Centro. C.P. 35180Cd. Lerdo, Durango, México..

Resumen

La región de México conocida como "Comarca Lagunera" cuenta aproximadamente con 500,000 cabezas de ganado bovino lechero. Estos animales excretan aproximadamente 1'000,000 kg de estiércol por día. Este estiércol tiene potencial como enmienda orgánica para mejorar las características físicas y químicas de los suelos agrícolas dándoles un manejo sustentable. Históricamente, el algodonero es el principal cultivo en la Comarca Lagunera. El presente trabajo tuvo como objetivos: i) determinar una dosis óptima de estiércol bovino (tratamientos: 0, 40, 80, 120 Megagramos por hectárea (Mg ha^{-1}); ii) y evaluar el efecto de los tratamientos en algunas características de cultivo. Las variables evaluadas fueron: calidad de fibra, rendimiento de algodón con semilla. Los resultados demuestran que el rendimiento más alto se obtuvo en el tratamiento de 80 Mg ha^{-1} con un rendimiento promedio de 7.8 Mg ha^{-1}. Esto nos lleva a concluir que el estiércol bovino sería una buena alternativa rentable para la agricultura en comparación a los productos químicos. Las diferencias en la calidad de la fibra no fueron estadísticamente significativas, tanto respecto a los tratamientos de estiércol.

Palabras claves
Estiércol bovino, enmienda orgánica, rendimiento, *Gossipyum hirsutum*.

Introducción

La región mexicana conocida como "Comarca Lagunera" se ubica en una intersección de los estados de Coahuila y Durango. Históricamente, el algodonero ha sido el cultivo más tradicional e importante por décadas en esta región. En esta región, 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). De este cultivo, además de la fibra se obtiene semilla, de la cual se extraen aceites comestibles y harinolina; este último producto se usa como alimento para el ganado. (Espinoza *et al*., 2009).
El estiércol bovino puede mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Quiroga *et al.*, 2011). También puede incrementar el rendimiento y calidad de las cosechas Estudios previos realizados en México para determinar el efecto del estiércol bovino han demostrado buenos resultados en diferentes cultivos. Un estudio realizado por Figueroa *et al*. (2010) durante tres años en maíz forrajero mostró los más altos rendimientos donde se aplicó estiércol bovino (18.5 Mg ha^{-1}) en comparación con la fertilización química (15.8 Mg ha^{-1}).

Uno de los cultivos donde se han hecho muy pocos estudios respecto a la respuesta a los abonos orgánicos es el algodonero, especialmente en variedades modernas. Por ello, los objetivos del presente estudio fueron: determinar la dosis óptima de estiércol bovino, así como de densidad de plantación, de forma que produzca el mayor rendimiento, mejor calidad de fibra en el cultivo de algodonero así como en el suelo de cultivo.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en el ciclo de primavera-verano del año 2012, en la región Mexicana conocida como la Comarca Lagunera. Esta región se localiza en la parte central del norte de México. El sitio de estudio fue el campo agrícola de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (CAE-FAZ-UJED). Este sitio se encuentra ubicado en el km 28 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, a inmediaciones del ejido Venecia, Mpio. de Gómez Palacio, Dgo., México. La región se encuentra entre los paralelos 24° 22' 12´´ y 26° 47´ 24´´ de latitud Norte y los meridianos 102° 15´ 36´´ y 104° 45´ 36´´ de longitud oeste de Greenwich a una altitud de 1120 msnm (García, 1981).

V**ariables a evaluadas y análisis estadístico**

Las características del cultivo que se evaluaron fueron: calidad de la fibra (longitud, resistencia, micronaire, uniformidad, elongación), así como el rendimiento total de algodón en hueso (con semilla) (Mg ha^{-1}).

Tratamientos

Se establecieron parcelas de 4 m de ancho por 4 m de largo con tres repeticiones. Fueron un total de 30 parcelas experimentales para evaluar los tratamientos siguientes: Factor A (densidad de siembra) A1= 120,000 plantas ha^{-1} y A2= 240, 000 plantas ha^{-1}) Factor B (niveles de estiércol bovino), B1 = 0 Mg ha^{-1}, B2 = 40 Mg ha^{-1}, B3 = 80 Mg ha^{-1}, B4 = 120 Mg ha^{-1} y B5 = fertilización química con la dosis recomendadas para esta región por el Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), de 120 y 60 kg ha^{-1} de N y P. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo en franjas con tres repeticiones.

Material genético, preparación del terreno y siembra

Se utilizó la variedad de algodonero DP 0935 BG/RR. Antes de la siembra se realizaron las siguientes labores en el terreno: barbecho (a 30 cm de profundidad), rastreo (antes de la aplicación de estiércol). Después se procedió a incorporar el estiércol, de acuerdo a la distribución de las dosis señaladas por los tratamientos. La siembra se realizó el 4 de abril de manera directa al suelo seco. Se utilizó una distancia entre surcos de 20 cm para la población de 120,000 plantas ha^{-1}. La distancia entre plantas fue de 41.6 cm. Para la población de 240,000 plantas ha^{-1} la distancia entre plantas fue de 20.8 cm.

Resultados y Discusión

Calidad de fibra de algodón

En la tabla 1 se aprecian los resultados promedio para calidad de fibra; en los cuales no se observa diferencia para el factor tratamientos de estiércol; para longitud, uniformidad y elongación para densidades de plantas como para dosis de estiércol bovino. Contrario a lo reportado por Bednarz *et al*. (2005) y Bednarz *et al*. (2006), quienes mencionan que las altas densidades de población reducen la finura y calidad de la fibra, siendo mejor la densidad de 126 000 p ha^{-1}.

Tabla 1. Comparación de medias para calidad de la fibra para los dos factores en estudio para las diferente fuentes de variación, FAZ-UJED, 2012.

Tratamiento	Longitud (pulgadas)	Resistencia (g/tex)	Micronaire	Uniformidad %	Elongación %
Estiércol Bovino (Mg ha^{-1})					
00	1,14 a	28,42 a	3,11 a	81,12 a	5,55 a
40	1,17 a	28,35 a	2,79 ab	82,93 a	5,41 a
80	1,20 a	29,17 a	2,68 ab	82,98 a	5,06 a
120	1,14 a	27,60 a	2,78 ab	81,30 a	4,98 a
F.Q	1,17 a	28,37 a	2,61 b	82,98 a	5,3 a
Densidad (plantas ha^{-1})					
120,000	1,15 a	27,87 a	2,84 a	81,06 a	5,18 a
240,000	1,18 a	28,89 a	2,75 a	83,15 a	5,34 a

Medias con las mismas letras no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Rendimiento de algodón en hueso

En la tabla 2 se aprecia que se encontró diferencia significativa para el factor dosis de estiércol con Pr>F 0.0024, donde podemos observar (figura 1) que de acuerdo a la comparación de medias (Tukey P<0.05) los tratamientos que obtuvieron los más altos rendimientos fueron los de fertilización orgánica, donde el rendimiento más alto se obtuvo en el tratamiento de 40 Mg ha^{-1} con un rendimiento promedio de 7.7 Mg ha^{-1} seguido por los tratamientos de 80 y 120 Mg ha^{-1} con 7.1 y 7.0 Mg ha^{-1}, esto tratamientos superaron a la fertilización química 6.9 Mg ha^{-1}, el tratamiento de 0 Mg ha^{-1} fue el más bajo con 5.1 Mg ha^{-1}. El mayor rendimiento con uso de estiércol coincide con (Figueroa *et al.*, 2010). Similares resultados fueron encontrados en maíz, en suelos negros (arcillosos) del Noreste del estado de Chihuahua por Ortiz y Amado, (2003). Castellanos *et al*. (1996) coinciden en el sentido de que dosis bajas de estiércol aplicado frecuentemente son más eficientes para incrementar rendimiento que dosis altas aplicadas menos frecuentemente. Para el factor densidades de siembra no se encontró diferencia entre densidad, sin embargo, podemos observar que el rendimiento más alto se obtuvo en la densidad de 120 000 plantas ha^{-1} con 6.9 Mg ha^{-1}, siendo estadísticamente igual a la de 240 000 plantas ha^{-1} con 6.6 Mg ha^{-1}. Así mismo, Delgado *et al*. (2002) trabajaron en algodón usando surcos ultra-estrechos, encontrando que el mejor tratamiento fue la población de 120 000 plantas ha^{-1} en relación a producción de algodón con hueso. (Ramírez *et al*., 2012), concluye que es mejor la densidad más alta, que exploro con 110 000 plantas ha$^{-1.}$

Tabla 2. Análisis de Varianza para rendimiento de algodón. FAZ-UJED, 2012.

Fuentes de Variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F-Valor	Pr > F
Bloques	2	2301872,87	1150936,43	2,16	0,1772
Densidad	1	1030824,03	1030824,03	1,94	0,2013*
Densidad*Bloque	2	4601488,87	2300744,43	4,33	0,0532
Dosis	4	23641888,53	5910472,13	11,12	0,0024*
Densidad*Dosis	4	6810156,13	1702539,03	3,20	0,0756
Dosis*bloques	8	2959587,47	369948,43	0,70	0,6900
Error	8	4253385,47	531673,18		

C.V= 10,71941, R^2= 0,906722

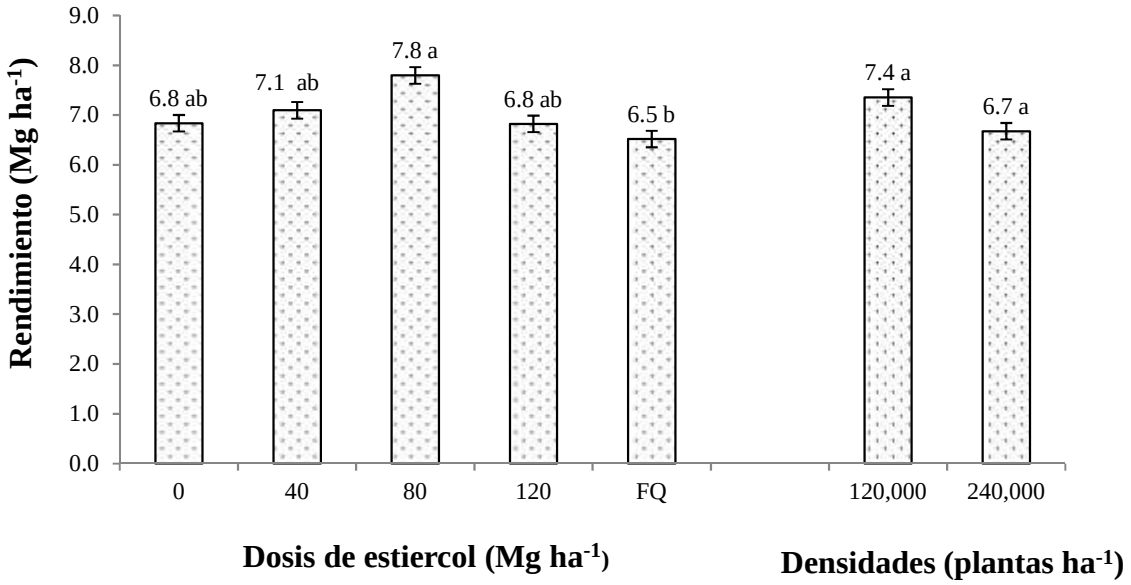


Figura 1. Rendimiento de algodón en hueso (Mg ha^{-1}) para dosis de estiércol solarizado y densidades de siembra. FAZ-UJED, 2012.

Conclusiones

Los tratamientos de estiércol compiten con el tratamiento químico ya que no muestra diferencia estadística entre ellos, los más altos rendimientos fueron los de fertilización orgánica, donde el rendimiento más alto se obtuvo en el tratamiento de 80 Mg ha^{-1} con un rendimiento promedio de 7.8 Mg ha^{-1}. Esto nos lleva a concluir que el estiércol bovino sería una buena alternativa rentable para la agricultura en comparación a los productos químicos.

Referencias

Bednarz C W, Nichols R L, Brown S M (2006). Plant Density Modifies Within-Canopy Cotton Fiber Quality CROPSCI. 46: 950–956. 10.2135/cropsci2005.08-0276. https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/46/2/950

Bednarz C W, Shurley W D, Anthony W S, Nichols R L (2005). Yield, Quality, and Profitability of Cotton Produced at Varying Plant Densities. Agron. J. 97: 235–240. 10.2134/agronj2005.0235. https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/abstracts/97/1/0235

Castellanos J Z, Márquez-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.

Delgado R E, Vázquez V C, Godoy A S, Salazar S E, López M J D, Figueroa, V S (2002). Rendimiento y calidad de algodón sembrado en surcos ultra estrechos con la variedad NuCOTN 35B, Agrofaz 6: 37-41.

Espinoza A J J, Salinas G H, Orona C I, Palomo 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. 13(24):758-773. http://www.redalyc.org/pdf/141/14113206.pdf

Figueroa V U, Cueto W J A, Delgado J A, Núñez H G, Reta S D G, Quiroga G H M, Faz C R, Márquez J L (2010). Estiércol de bovino lechero sobre la recuperación en maíz forrajero. Terra Latinoamericana. 28:361-369. http://www.chapingo.mx/terra/?module=resumenes&volumen=28&numero=4

García E, (1981). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Editorial Offset Larios, S. A. México, D.F.

Han X, Wang S, Veneman P L, Xing B M (2006). Change of Organic Carbon Content and Its Fractions in Black Soil under Long-Term Application of Chemical Fertilizers and Recycled Organic Manure. Communications in soil Science and plant Analysis, 37: 1127-1137. DOI:10.1080/00103620600588553 http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103620600588553#.Ut8cjtK3XMw

Ortiz F P, Amado A J P (2003). Tecnología para producir maíz con riego por goteo Subterráneo. Folleto Técnico No 18. INIFAP Campo experimental "Sierra de Chihuahua". Pp. 27.

Quiroga G H M, Cueto W J A, Figueroa-Viramontes U (2011). Efecto del estiércol y fertilizantes sobre la recuperación de nitrógeno 15 y conductividad eléctrica. Terra Latinoamericana. 29: 201-209. http://www.chapingo.mx/terra/index.php?module=resumenes&volumen=29&numero=2

Ramírez-Seañez A R, Contreras-Martínez J G, Palomo-Gíl A, Álvarez-Reyna V P, Rodríguez-Herrera S A, García-Carrillo M (2012). Producción de biomasa de algodón en surcos ultra-estrechos y densidad poblacional. Agronomía Mesoamericana. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43724664005

SAGARPA (

USO DE ABONOS ORGANICOS PARA LA PRODUCCION DE AMARANTO EN JANTETELCO, MORELOS, MÉXICO

Oliver Guadarrama, R.A.1*; Granjeno-Colin A.E.; B.1; Bahena Galindo, M.E, C.[1]

[1]Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México.

*Autor responsable: oliverrogelio@hotmail.com; Calle Av. Universidad Núm. 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México. CP 62209; Tel. +52(777)-3297029

Resumen

La producción de amaranto en el estado de Morelos ha decrecido en los últimos años, debido a los bajos rendimientos; sin embargo, los talleres artesanales siguen vigentes, por lo cual el grano de amaranto es importante, asimismo el uso de abonos orgánicos podría ser un cuadyuvante en obtener mejores rendimientos, debido a que el amaranto es de suma importancia por sus características nutritivas, económicas y culturales. Para la realización de este proyecto se plantearon como objetivos: Evaluar el rendimiento y desarrollo del cultivo de amaranto con composta y determinar los cambios físico y químicos del suelo durante la presiembra y la poscosecha provocados por la composta. El experimento se realizó en el municipio de Jantetelco en el oriente del estado de Morelos. Se montaron parcelas experimentales completamente al azar, bajo el régimen de temporal, fertilizadas con composta. bionitro, y guano foliar. Como resultados se tiene que el mejor tratamiento en cuanto a rendimiento fue composta, bionitro y guano foliar (1200 kg/ha) (T1), seguido de la aplicación de composta, guano y guano foliar (810 kg) (T2), composta y guano foliar (509 kg/ha) (T3) y testigo con (347 kg/ha) (T4). En la determinación de los resultados edáficos físicos, estos no mostraron cambios, sin embargo en las químicas se observan mínimos cambios sobre todo en la materia orgánica, carbono y nitrógeno.

Palabras clave
Amaranto, abono, composta.

Introducción

El Amaranto fue una de las primeras plantas que alimentaron al hombre, es un cultivo muy antiguo mesoamericano altamente valorado por los pueblos prehispánicos, los Aztecas, los Mayas y los Incas lo utilizaban como parte importante de su alimentación, así como en rituales y festividades. El cultivo del Amaranto dentro de las actividades agrícolas disputaba en importancia con el cultivo de maíz (Zea mayz), frijol (Phaseolus vulgaris), calabaza (Curcubita maxima) y de chía (Salvia hispánica) (Subia, 2012).

Una alternativa para la disminución del impacto ambiental que sufre el suelo en la agricultura es la incorporación de productos orgánicos, para aumentar el contenido de materia orgánica y como fuente de nitrógeno para los cultivos. La incorporación de dichos abonos orgánicos

es una práctica que está cobrando cada vez más importancia por sus comprobados efectos benéficos en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos agrícolas.

El consumo de amaranto, es importante por el contenido de proteína, aminoácidos que contiene. Esto lo hace un elemento importante para resolver problemas alimentarios que enfrenta actualmente nuestro país, sugiriéndolo como cultivo alternativo para la alimentación de poblaciones tanto rurales como urbanas (Taboada y Oliver, 2003).

Materiales y Métodos

Área de estudio:
El municipio se ubica geográficamente entre los paralelos 18°42'30" latitud norte y los 98°46'12" longitud oeste del Meridiano de Greenwich, a una altura de 1,160 metros sobre el nivel del mar; Sus colindancias son al norte con el municipio de Temoac, al sur con el municipio Axochiapan, al este con el Estado de Puebla; al oeste y sureste con Jonacatepec.

Metodologia:
Se realizaran dos muestreos edáficos a una profundidad de 0-30 cm uno antes de la preparación del terreno y otro después de la cosecha por cada tratamiento para llevar acabo sus análisis físicos y químicos en el laboratorio.
Preparación del terreno este se realizara de manera tradicional, un barbecho y una rastra.
La siembra se realizó en forma mateada en el mes de julio. Esta técnica consiste en tomar un puño de semilla depositándola cada 25 cm sobre el borde del surco.
La composta se aplicó 30 días después de la siembra cuando la planta alcanzo aproximadamente 20 cm de altura, utilizando composta a una dosis de 150kg/N/ha; así mismo se aplicó el bionitro y el guano y por último el guano este último de manera foliar para una mejor absorción de nutrientes.
En cosecha, se cortaran las panojas de amaranto de manera manual, cortando por tratamiento.
El trillado se realizó de manera manual, se azota hasta que la panoja ya no tenga semilla, posterior a esto la semilla se pasara por un tamiz para eliminar los residuos de la planta.
Para el análisis edafológico se realizaron dos muestreos uno antes de la siembra y el otro después de la cosecha una profundidad de 0-30 cm. Para el segundo muestreo se realizara de las parcelas con los diferentes tratamientos, posteriormente se llevaron las muestras al laboratorio en donde se analizaron los siguientes parámetros físicos:
Color del suelo seco y húmedo, densidad aparente y real, textura. Y los parámetros químicos: Ph. Materia orgánica, carbono y nitrógeno (Aguilera y Domínguez, 1982).

Resultados y Discusión

En la producción de amaranto se observa el efecto de la composta que aplicada combinada con bionitro y guano, se obtiene los mejores rendimientos, rebasando la producción promedio que es de 1000 kg/ha (Figura 1)

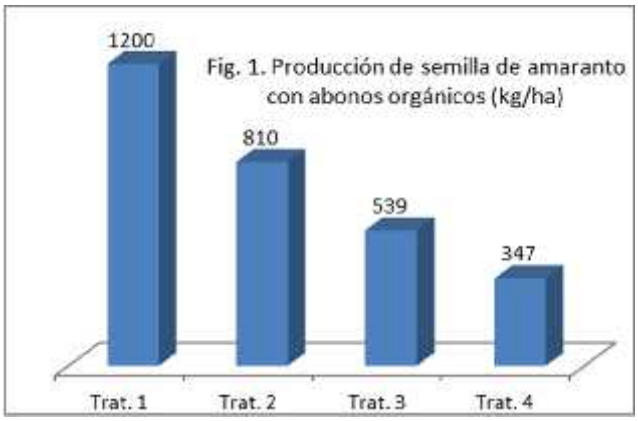
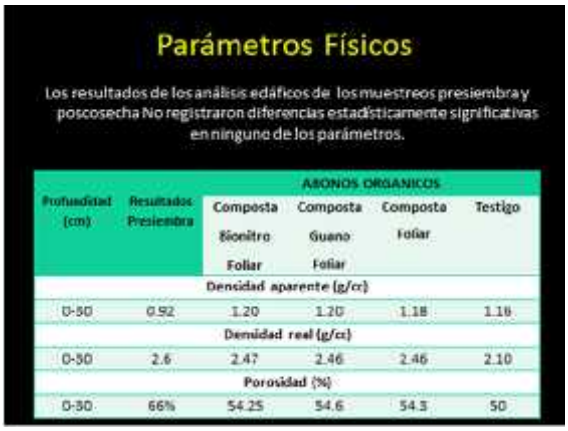


Figura 1, Producción de amaranto con abonos.

Con respecto a los resultados de las muestras de suelos, en la presiembra y poscosecha, se muestran en el Figuras 2 y 3. El color de las muestras de suelo, fue pardo amarillento obscuro en seco y en húmedo fue pardo obscuro y la textura franca en ambos muestreos.



Parámetros Físicos

Los resultados de los análisis edáficos de los muestreos presiembra y poscosecha No registraron diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los parámetros.

Profundidad (cm)	Resultados Presiembra	ABONOS ORGANICOS			
		Composta Bionitro Foliar	Composta Guano Foliar	Composta Foliar	Testigo
Densidad aparente (g/cc)					
0-30	0.92	1.20	1.20	1.18	1.16
Densidad real (g/cc)					
0-30	2.6	2.47	2.46	2.46	2.10
Porosidad (%)					
0-30	66%	54.25	54.6	54.3	50

Figura 2. Parámetros físicos.

Las características químicas fueron: el pH, este fue moderadamente acido en ambos muestreos; con respecto a la materia orgánica hay un aumento cuando se abonó con gallinaza y el carbono y nitrógeno también.

Parámetros Químicos

Los resultados de los análisis químicos de los muestreos preslembra y poscosecha No registraron diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los parámetros y en ninguno de los tratamientos.

Profundidad (cm)	Resultados Preslembra	ABONOS ORGANICOS			
		Composta Bionitro Foliar	Composta Guano Foliar	Composta Foliar	Testigo
Materia orgánica (%)					
0-30	1.0	1.09	1.00	1.18	0.45
Carbono (%)					
0-30	0.82	0.63	0.44	0.73	0.61
Nitrógeno (%)					
0-30	0.04	0.057	0.053	0.041	0.021

Figura 3. Parámetros químicos.

La proporción relativa de la fracción de arena, limo y arcilla que constituyen la masa del suelo se llama textura del suelo. Está íntimamente relacionada con la composición mineral, el área superficial específica y el espacio poroso. La textura del suelo tiene influencia sobre el movimiento y disponibilidad de la humedad, la aireación la disponibilidad de nutrientes y la resistencia a la penetración de la raíz. (FAO, 2000).

Esto da como resultado una textura franco para los tratamientos usados, a pesar de que se le incorpora materia orgánica durante el cultivo, el suelo se está perdiendo ya que son terrazas y tienen una pendiente que durante las lluvias arrastra el suelo, para remediar esta se hicieron canaletas a los lados de las terrazas, esto con el fin de desviar el agua.

La materia orgánica almacena nutrientes para las plantas, está compuesta de complejos que contienen carbono. Los átomos de carbono, al contrario de otros elementos, forman cadenas largas de forma natural. Estas proporcionan un armazón al que se adhieren otros elementos como el hidrógeno, oxigeno, nitrógeno y azufre para constituir la amplia serie de compuestos orgánicos necesarios para la vida (Plaster, 2000).

El contenido de la materia orgánica depende de muchos factores cuyos efectos pueden manifestarse en forma individual o colectiva (Cajuste, 1977). En esta investigación a pesar de que la planta de amaranto lo puede extraer al nitrógeno, este después de la cosecha del grano está presente en el suelo.

Conclusiones

Aplicando composta combinada con bionitro y guano y guano foliar, se obtiene un rendimiento aceptable y las características químicas del suelo se conservan y la materia orgánica se conserva en el suelo.

Las características físicas no muestran cambios, para ello se requiere que se aplique de manera constante abonos orgánicos, durante varios años.

Referencias

Aguilera H. N. y V. I Domínguez R. Metodología de análisis físico-químicos de suelos. Laboratorio de Edafología. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F: 34 p.

Cajuste L.J. 1977. Química de los suelos con un enfoque agrícola. Rama de suelos colegio de posgraduados Chapingo, México. Pp 278

Chávez C. J. M. Y N. Trigo B. (monografías municipales) (1996) Programa de Manejo para el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl, Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco. P. 273

FAO 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos, boletín de tierras y aguas de la FAO. Roma. Pp. 10

Plaster E. J. 2000. La Ciencia del Suelo y su Manejo, Paraninfo, España pp. 419

Subía G. C. R. 2012 Caracterización Agronómica, Bromatológica, Isoencimática y Radiosensibilidad de poblaciones de amaranto (Amaranthus spp.) colectados en las principales áreas de producción de México. Colegio de postgraduados. Montecillo Texcoco, Edo. de México. 40 p.

Taboada, S. M. y Oliver, G. R, 2003. Aspectos climáticos, edáficos y agrícolas. En: Barreto, S. M. P., M. Taboada S., R. Oliver G. y F. Bonilla H. (Ed.) El cultivo de amaranto en el municipio de Temoac, Morelos, México. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México. 35p.

EVALUACIÓN DE SUSTRATOS ALTERNATIVOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE HORTALIZAS

Pérez-Martínez, P.[1*]; Diédhiou, I.[1]; Rodríguez-Ortiz, J.C.[1]; Alcalá-Alonso, J.J.[1]; Hernández-Montoya, A.[1]; Díaz-Flore, P.E.[1]

[1]Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P. México.

*Autor responsable: pedro_pmtz@hotmail.com; Ejido Palma de la Cruz, Carretera SLP-Matehuala Km 14.5, Municipio Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. México; Tel. +52(444)-852-4056

Resumen

La producción hortícola en México es una actividad importante del sector agrícola, se ha incrementado de manera constante los últimos años sin embargo el sistema de producción presenta algunos limitantes tecnológicos, uno de ellos es la producción de plántulas, y calidad de los sustratos. Con el fin de evaluar los sustratos disponibles, se realizó un diseño completamente al azar con diez tratamientos, correspondientes a mezclas de sustratos (T1 = 100% Peat moss ; T2 = 50% Peat moss + 10% Gallinaza + 10% Perlita + 30% avena; T3 = 50% Peat moss + 5% Gallinaza + 5% Perlita + 40% avena; T4 = 40% Peat moss + 10% Gallinaza + 10% Perlita + 40% avena; T5 = 40% Peat moss + 5% Gallinaza + 5% Perlita + 50% avena; T6 = 40% Peat moss + 60% olote; T7 =20% Peat moss + 80% olote; T8=20% Peat Moss + 40% fibra de coco + 40% olote ; T9=50% Peat moss + 50% avena; y T10= 25% Peat moss + 25% avena + 25% olote +10% Gallinaza + 5% Perlita), con dos repeticiones. Se utilizaron charolas de poliestireno de 200 cavidades. Existen mezclas de sustratos que mostraron comportamientos similares al Peat moss. En las plántulas de chile; el tratamiento 5, en tomate; el tratamiento 8, en lechuga; el tratamiento 8 y 9 tuvieron resultados similares al testigo, en pepino los resultados fueron diferentes solo el testigo es similar al resto de los tratamientos en cuanto a la variable diámetro del tallo.

Palabras clave

Turbo, chile, tomate, lechuga, pepino.

Introducción

Los objetivos deseables de la agricultura son obtener altos rendimientos de productos agroalimentarios, inocuos, con calidad, y de costo accesible para la población. Asimismo, busca sustentar y fomentar el desarrollo industrial mediante el abastecimiento de materia prima de bajo costo, generar divisas mediante la exportación de productos de alto valor económico, generar empleos con ingresos suficientes para una vida digna de la población y sin deterioro del ambiente (Sánchez del Castillo, 2007). Sin embargo, en México, la agricultura se enfrenta a diversos problemas (Moreno Pérez, 2007), tales como, el uso indiscriminado del peat moss como sustrato para la producción de plántulas al ser muy costoso y su uso puede llegar a provocar un impacto medio ambiental de importancia ya que las reservas de turbas son limitadas y no renovables (Castellanos, 2003).

De la misma manera, la problemática situación ambiental que vivimos hoy en día obliga a colaborar directamente en su mejora. Por lo que es sumamente importante estudiar la posibilidad de convertir

un residuo en un recurso, como lo pueden ser los sustratos. Por sustrato debemos entender todo material o combinación de diferentes componentes que, no siendo tóxico, provea sostén, adecuada capacidad de intercambio catiónico, así como una adecuada retención de humedad para la planta que en éste crecerá, pero con una porosidad que garantice una correcta aireación para un óptimo desarrollo radical.

El insumo que más impacta en los costos de producción de plántulas es el sustrato, por lo que se han realizado estudios tendientes a aprovechar otras materias primas de elaboración local para disminuir el costo de este, también se han evaluado una serie de mezclas entre materiales usados como sustrato (Guerrero *et al.*, 2005; Varela *et al.*, 2005). El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (México) reporta un ahorro 2 del 37% en el costo de sustratos al producir plántulas de *Pinus ayacahuite* con una mezcla de peat moss con bagazo de café (INIFAP, 2002). Ante tal escenario se realizó el presente trabajo con la intención de ofrecer una alternativa tecnológica al uso de la turba (peat moss).

Materiales y Métodos

El siguiente trabajo se realizó en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la U.A.S.L.P. que se ubica en el ejido Palma de la Cruz, municipio de Soledad de Graciano Sánchez, SLP, (México) en el km 14.5 de la carretera San Luis-Matehuala. Sus coordenadas geográficas 22° 14´ 5´.8" de latitud norte y 100° 51´48.5" de longitud oeste, con una altitud de 1835 msnm.

Tratamientos

Se evaluaron 9 mezclas de sustratos alternativos y un testigo comercial Peat moss (Euro mix) en la producción de plántula de Lechuga (*Lactuca sativiva* L.), Chile (*Capsicum annum* L.), Tomate (*Lycopersicum esculentum* M.) y Pepino (*Cucumis sativus*, L.). Los tratamientos se describen en el

Tratamiento 1	Peat moss 100% marca Euro mix (Testigo)
Tratamiento 2	50% Peat moss + 10% Gallinaza + 10% Perlita + 30% avena
Tratamiento 3	50% Peat moss + 5% Gallinaza + 5% Perlita + 40% avena
Tratamiento 4	40% Peat moss + 10% Gallinaza + 10% Perlita + 40% avena
Tratamiento 5	40% Peat moss + 5% Gallinaza + 5% Perlita + 50% avena
Tratamiento 6	40% Peat moss + 60% olote
Tratamiento 7	20% Peat moss + 80% olote
Tratamiento 8	20% Peat Moss + 40% fibra de coco + 40% olote
Tratamiento 9	50% Peat moss + 50% avena
Tratamiento 10	25% Peat moss + 25% avena + 25% olote +10% Gallinaza + 5% Perlita

Cuadro 1.

Los sustratos alternativos son aquellos materiales que se pueden conseguir en la zona de producción, que resultan de un proceso industrial o agrícola como el aserrín, paja de cereales, escorias de fundición, etc. La justificación del uso de estos materiales como sustratos son: problemática de la importación, de la dependencia tecnológica y ambiental, reuso de residuos, y ventaja del precio (Rodriguez Ortiz *et al.*, 2008).

Metodología

Se sembraron las semillas de lechuga de la variedad "Montemar" , pepino de la variedad "Turbo", tomate de la variedad "Ponny express" y de semillas de chile criollo del Valle de Arista , S.L.P. El diseño experimental fue en bloque al azar con dos repeticiones (cuatro charolas en total con 800 plántulas).

Variables de estudio

A los 45 días después de la siembra, se procedió a la evaluación de las siguientes variables:

1. Altura de plántulas: se tomó con una regla de 30 cm desde la base del tallo hasta la parte más apical de la hoja de la plántula.
2. Diámetro de Tallo: se midió con un Vernier calibrador digital marca Truper en el grosor de la base del tallo.
3. Peso Seco de plántulas: se determinó después de secar las plántulas en un horno marca Felisa durante 24 h a 70°C y luego se pesaron en una balanza analítica con una precisión de 0.0001g.
4. Unidad SPAD: se midió con el uso de un medidor de clorófila Konica Minolta- Spad 502, el cual se utiliza para determinar la cantidad de clorofila presente en las hojas de una planta.

Análisis Estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar con 10 tratamientos (cuadro 1) y 2 repeticiones. Cada unidad experimental estuvo conformada por 40 cavidades dividadas entre los 4 cultivos lo que determino una unidad experimental de 10 plantas/ tratamiento/cultivo.

El análisis estadístico consistió en ingresar los datos obtenidos en el software SAS (System for window 9.0) con el método estadístico de bloques al azar, en las variables significativas se procedió a realizar la prueba de comparación de medias con la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

Resultados y Discusión

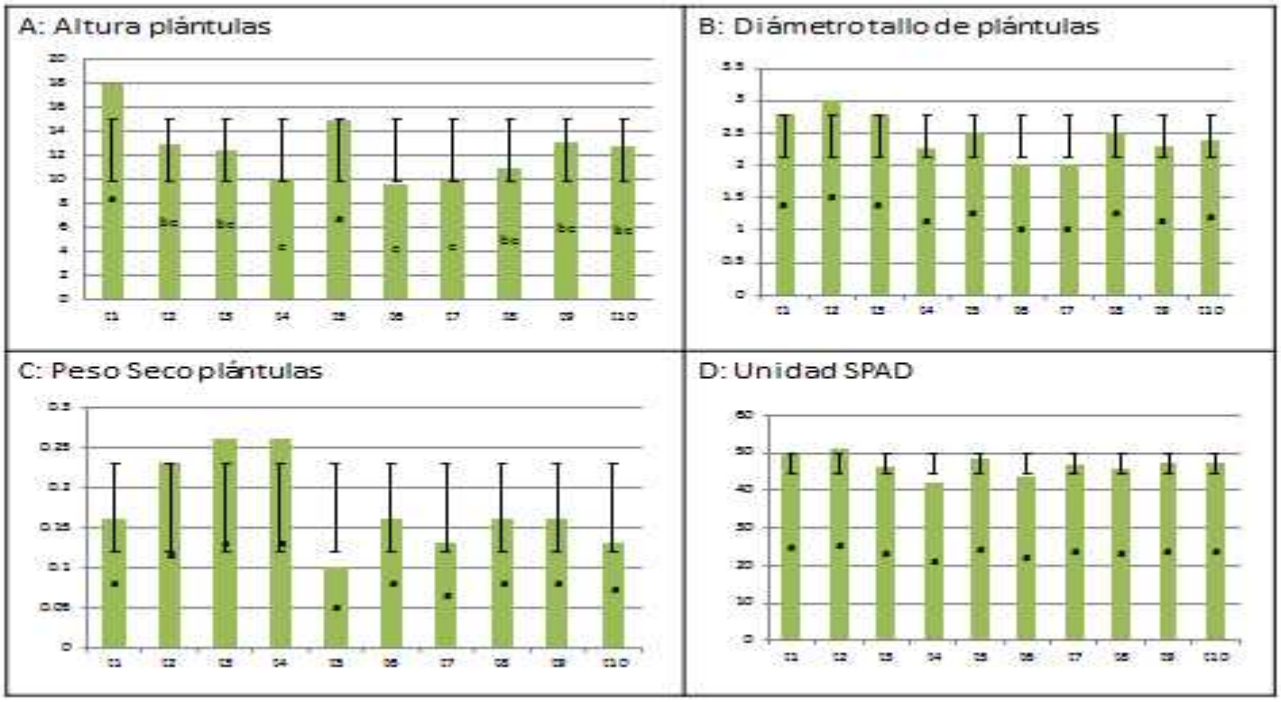
El análisis de varianza para las variables diámetro de tallo, peso seco y unidad SPAD de las plántulas de chile no presentó significancia (cuadro 2), lo que demostró que los sustratos no afectaron estos parámetros, debido a la calidad fisiológica de las semillas, que bajo las condiciones adecuadas de temperatura, oxígeno y humedad, no tuvieron dificultad para que ocurrieran las reacciones metabólicas necesarias para una germinación normal, como lo indican Silveira *et al.* (2002), Bezerra *et al.* (2009) y Reis *et al.* (2012).

Hubo efecto significativo para la variable altura de plántulas, hecho que significa mejores respuestas en los tratamientos testigo y 5 (40% Peat moss + 5% Gallinaza + 5% Perlita + 50% avena), con 17,93 y 14,83cm respectivamente, la composición de estos dos sustratos añadidos de la gallinaza y perlita evidenciaron un mayor aporte nutricional y buena aireación que favoreció una mayor longitud del tallo de las plántulas de chile (Cuadro 2, A) causado por un mejor anclaje y funcionamiento radicular, para la toma de agua, nutrientes y oxígeno, lo que favorece la actividad fotosintética y el transporte de asimilados (Taiz y Zeiger, 2004; Ortega-Martínez *et al.*, 2010).

En cuanto a las plántulas de tomate, el análisis de varianza para las variables diámetro del tallo y unidad SPAD no presentó significancia (cuadro 3), por lo tanto los sustratos utilizados no afectaron las variables anteriores confirmando lo anterior mencionado por Reis *et al.*, 2012.
Hubo presencia de diferencia significativa para la variable altura de plántulas donde los tratamientos 1 (testigo), 2 (50% Peat moss + 10% Gallinaza + 10% Perlita + 30% avena), 8 (20% Peat Moss + 40% fibra de coco + 40% olote) y 9 (50% Peat moss + 50% avena) fueron mejores con valores de 25,2 cm, 20 cm, 19,33 cm y 18.1 cm respectivamente; en cuanto a la variable peso seco de plántulas los tratamientos 4 (50% Peat moss + 5% Gallinaza + 5% Perlita + 40% avena) y 5 (40% Peat moss + 5% Gallinaza + 5% Perlita + 50% avena) superan significativamente al testigo con valores de 0.44g y 0.66g respectivamente contra 0.16 g, 5reflejándose en una mejor calidad de plántula para su trasplante al sitio definitivo, hecho que coincide con los resultados reportados por Araméndiz *et al.* (2013) en berenjena, quienes usaron mezclas de sustratos de origen vegetal.
En cuanto a las plántulas de lechuga (cuadro 4), el análisis de varianza para las variables peso seco de plántulas y unidad SPAD no mostraron significancia con respecto al testigo salvo en el tratamiento 4 (40% Peat moss + 5% Gallinaza + 5% Perlita + 50% avena) en el cual las plántulas no se desarrollaron, si además a esto se agrega que las plantas se fertilizaron por igual durante todo el proceso, nos hace suponer que las plántulas fueron intoxicadas por alguna o algunas sustancias fitotóxicas los cuales no fueron determinados en este caso. En cuanto a la variable altura de la plántula, el tratamiento testigo se iguala estadísticamente a los tratamientos 3 (50% Peat moss + 5% Gallinaza + 5% Perlita + 40% avena), 5 (40% Peat moss + 5% Gallinaza + 5% Perlita + 50% avena), 8 (20% Peat Moss + 40% fibra de coco + 40% olote), y 9 (50% Peat moss + 50% avena) con valores de 12.5 cm, 13.06 cm, 12.63 cm y 17.03 cm respectivamente.
De la misma manera sucede en la variable diametro del tallo donde el tratamiento testigo es igualizado estadisticamente por los tratamientos 2 (50% Peat moss + 10% Gallinaza + 10% Perlita + 30% avena), 8 (20% Peat Moss + 40% fibra de coco + 40% olote), 9 (50% Peat moss + 50% avena) y 10 (25% Peat moss + 25% avena + 25% olote +10% Gallinaza + 5% Perlita) con valores de 2.69 mm, 2.83 mm, 3.47 mm y 3.06 mm respectivamente. Lo que demuestra que las mezclas de sustratos permitieron un desarrollo normal de las semillas ya que traen en proporción las caracteristicas ideales para la germinación y desarrollo de las mismas.

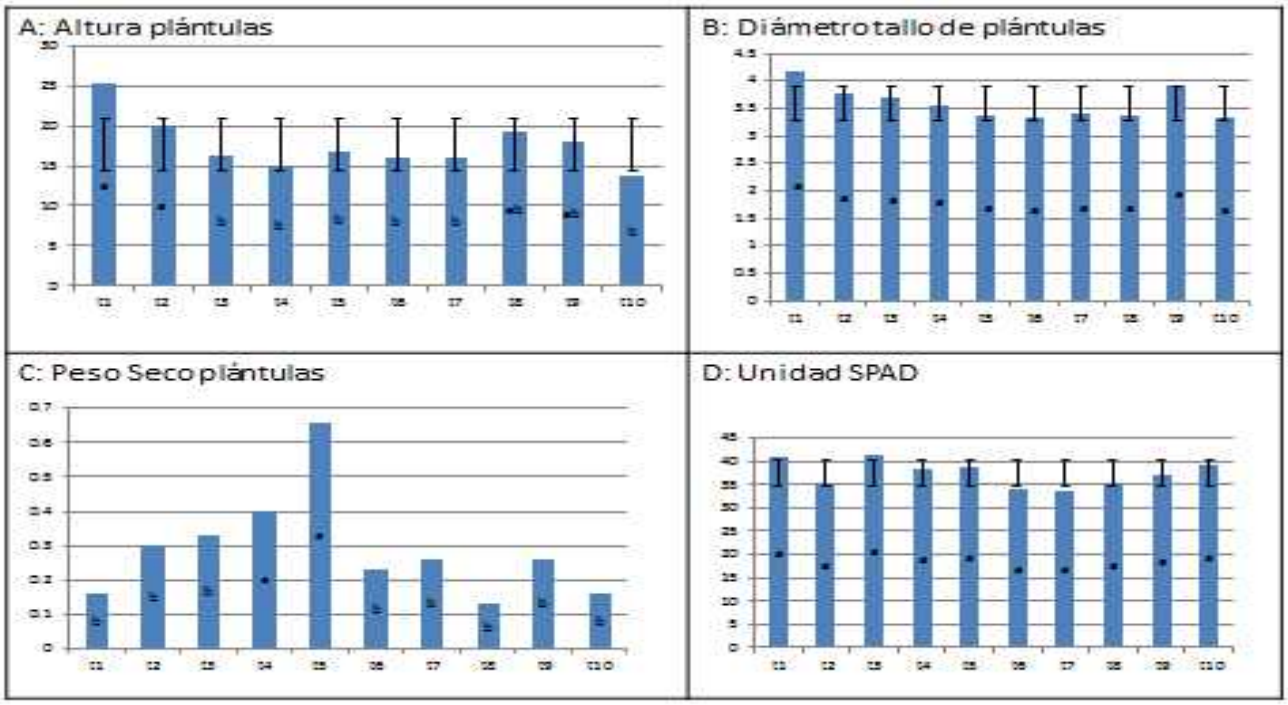
El análisis de varianza para la variable diámetro del tallo en las plántulas de pepino (Cuadro 5) ha sido iguales al compararlos con respecto al testigo lo que demuestra que las mezclas de sustratos han permito un desarrollo normal de las plántulas en cuanto a la variable evaluada, sin embargo en cuanto a las variables altura peso seco de plántulas el tratamiento testigo supera estadísticamente el resto de los tratamientos , pero en cuanto a la variable unidad de SPAD; el tratamiento 1 es igualizado por los tratamientos 2, 3, 4, 5, 9 y 10, lo que demuestra que existen mezclas de sustratos que pueden sustituir una parte del peat moss y de la misma forma disminuir el costo de producción de plántulas hecho que coincide con los resultados reportados por Araméndiz *et al.* (2013) en berenjena, quienes usaron mezclas de sustratos de origen vegetal.

Cuadro 2: Variables evaluadas de las plántulas de chile (*Capsicum annum*) variedad Criolla del Valle de Arista, San Luis Potosí.



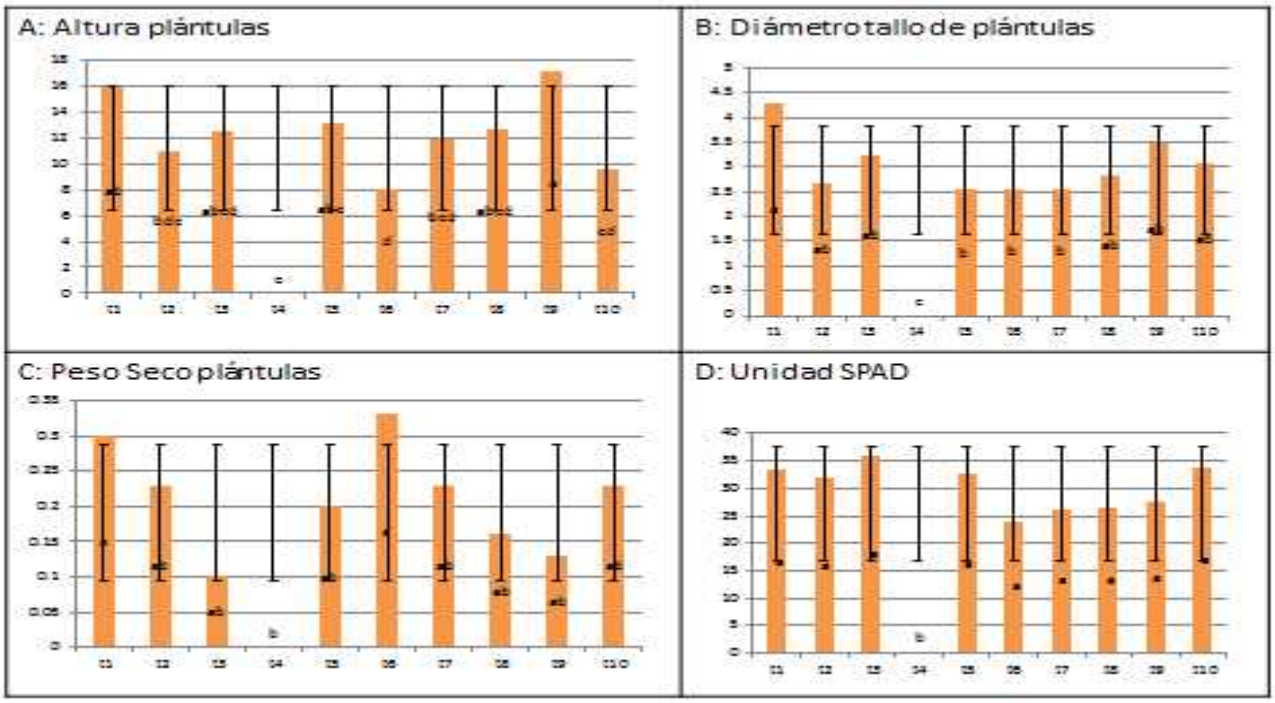
Medias con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Tukey (P≤0,05).

Cuadro 3: Variables evaluadas de las plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* M.) variedad Ponny Express.



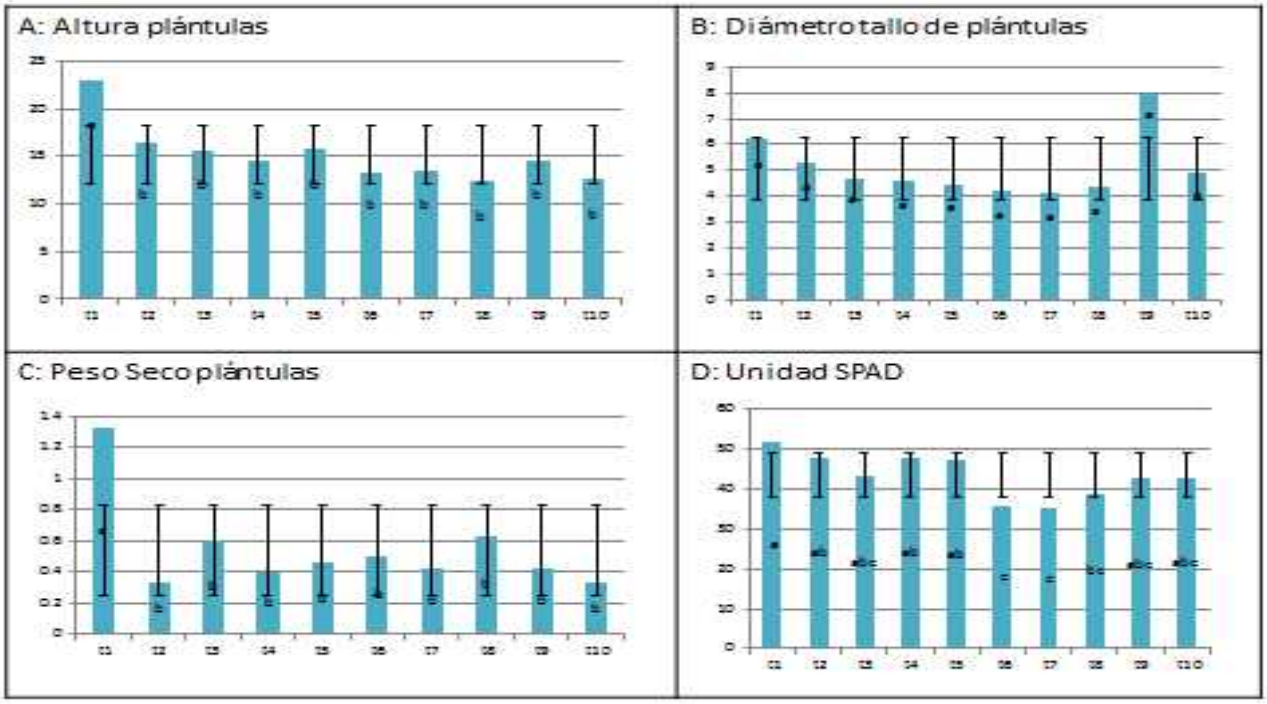
Medias con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Tukey (P≤0,05).

Cuadro 4: Variables evaluadas de las plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Montemar.



Medias con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Tukey (P≤0,05).

Cuadro 5: Variables evaluadas de las plántulas de pepino (*Cucumis sativus* L.) variedad Turbo.



Medias con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Tukey (P≤0,05).

Conclusiones

En dependencia del cultivo, existen mezclas de sustratos que mostraron comportamientos similares al Peat moss.

En cuanto a las plántulas de chile, el tratamiento 5 (40% Peat moss + 5% Gallinaza + 5% Perlita +50% avena) ecualizó en todas las variables evaluadas al tratamiento testigo con mejores resultados.

En las plántulas de tomate, el tratamiento 8 (20% Peat Moss + 40% fibra de coco + 40% olote) se comportó similar al testigo con mejores valores en todas las variables excepto en cuanto a peso seco de plántulas donde los mejores resultados se obtuvieron en los tratamientos 5 y 4 superando estadísticamente el resto de los tratamientos.

En las plántulas de lechuga, el tratamiento 8 (20% Peat Moss + 40% fibra de coco + 40% olote) y 9 (50% Peat moss + 50% avena) junto al tratamiento testigo obtuvieron los mejores resultados y similares estadísticamente.

En cuanto a las plántulas de pepino, las variables evaluadas se comportaron de forma diferente donde solo el testigo es similar al resto de los tratamientos con valores mejores en la variable diámetro del tallo sin embargo por el resto de las variables el testigo supera los demás variables.

Referencias

Araméndiz T., H.; Cardona C., A.; Correa E., A. 2013. Efecto de diferentes sustratos en la calidad de plántulas de berenjena (*Solanum melongena* L.). Revista colombiana de ciencias hortícolas - vol. 7 - no. 1 - pp. 55-61.

Bezerra, F.C., F.V. Meyer Ferreira y T.C. Silva. 2009. Produção de mudas de berinjela em substratos à base de resíduos orgânicos e irrigadas com água ou solução nutritiva. Hortic. Bras. 27 (2), 1348-1352.

Castellanos J. Z. 2003. Los Sustratos en la Producción Hortícola bajo Invernadero. In: Memorias del Curso Internacional de Producción de Hortalizas en Invernadero. Eds. Castellanos, J. Z. y Muñoz, R. J. J. INIFAP. Celaya, Guanajuato, México.

Castellanos, J. Z. y P. Vargas. 2008. Los Sustratos en la Horticultura Protegida. In: Manual de Producción de Tomate en Invernadero. Editor Castellanos, J. Z. INTAGRI. México. pp. 55- 72.

Fonteno, W.; C. Harden and J. Brewster. 2000. Procedures for determining physical properties of horticultural substrates using the NCSU porometer. Horticultural Substrate Laboratory. North Carolina State University p.26.

Guerrero R., J. C. 2002. Control de enfermedades en invernadero. In Séptimo seminario de horticultura, resultados de investigación. Vol. 10. Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganadería. Hermosillo, Son. México. p. 30-35.

Martínez O., L. D.; Olarte S., J.; Ruiz D., R.; Mendoza O. J. 2010. Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). Universidad Autónoma Indígena de México. Ra Ximhai, vol. 6, núm. 3, pp. 365-372.

Moreno-Pérez EC. Agricultura protegida para la producción de hortalizas. En: Segunda Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. Guadalajara, México, 2007 [consultado 2011 marzo 25]. Disponible en: http://www.rniaf.org.mx/2007/memoria/ponencias/protegida/p3_produccion.pdf

Reis, R., R.M. Guimarães, A.R. Vieira, N.R. Gonçalves y V. Costa. 2012. Physiological quality of osmoprimed eggplant seeds. Ciênc. Agrotec. 36(5), 526-532.

Rodríguez-Ortiz, J. C.; Rodriguez F. H; Lara M. J. L.; Loredo O. C.; Alcalá J.J.A. 2008. Sustratos alternativos para la producción hortícola.Universidad Autonoma de San Luis Potosí Facultad de Agronomía. México. Primera edición en español. p.12.

Silveira, E.B.; V.J.L.B. Rodrigues, A.M.A. Gomes, R.L.R. Mariano y J.C.P. Mesquita. 2002. Pó de coco como substrato para produção de mudas de tomateiro.Hortic. Bras. 20 (2), 211-216.

Taiz, L. y E. Zeiger. 2004. Fisiología vegetal. 3ª ed. Editorial Armed, Porto Alegre, Brasil.

Varela F., A. ; Lara H., A.; Avelar M., J. J.; Llamas Ll., J. J.; Preciado R., P. y L.H. Zelaya de S. 2005. Lombricompostas en la producción de plantulas de chile en invernadero. Segunda convención mundial del chile, Zacatecas, México. p. 169 175.

EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS CONSERVACIONISTAS CON CUENCAS INSTRUMENTADAS EN LA CUENCA DEL LAGO DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN

Rivera Ruiz, P.[1*]; Ramírez Luna, J.J.; Cortés Torres, H.G.[1]; Ortega López, S.[1]; Gutiérrez Castillo, M.[2]

[1]Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos, México.
[2]Comisión Forestal de Michoacán. Delegación Forestal VII Pátzcuaro, Michoacán.

*Autor responsable: privera@tlaloc.imta.mx; Paseo Cuauhnáhuac Núm. 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Morelos. México. CP 62550; Tel. +52(777) 3 29 36 00 Ext. 151

Resumen

Se utilizó la metodología de cuencas pareadas instrumentadas para evaluar la relación lluvia-escurrimiento-producción de sedimentos en dos microcuencas de la cuenca del Lago de Pátzcuaro. Las microcuencas evaluadas fueron Ichupio (101.94 ha y CON manejo conservacionista) y Malacate (149.25 ha y SIN manejo conservacionista), ambas cuencas presentan un uso de suelo predominantemente forestal (74 al 79%) con áreas de pastizal (11 al 18%) y agricultura (1 al 3%). Se cuantificó la lámina precipitada en 721.4 y 752.6 mm en las microcuencas Ichupio y Malacate, respectivamente. En cuanto a eventos de escurrimiento solamente se presentó un evento en la cuenca Ichupio que generó 17.08 m^3 de agua y 0.11 toneladas de sedimentos lo que indica una degradación específica de 1.06 kg/ha; por su parte, en la cuenca Malacate se presentaron 13 eventos de escurrimiento que totalizaron 9,102.95 m^3 de agua y una producción de sedimentos de 170.35 toneladas que resulta en una degradación específica de 1,141.46 kg/ha. Se presenta la evaluación de los efectos que se logran con el establecimiento de acciones conservacionistas en una cuenca.

Palabras clave
Sedimentos; escurrimiento; cuencas pareadas

Introducción

Para poder realizar una investigación sustentada y evaluar eficientemente los efectos que se logran con la implementación de las obras y prácticas, es necesario hacerlo continuamente por al menos tres años, periodo durante el cual se puede constatar y validar que las acciones que se han establecido están cumpliendo con el propósito que se establecieron que es el de disminuir la aportación de sedimentos a los afluentes y cuerpos de agua y propiciar la infiltración del agua de lluvia en la cuenca. Hatton *et al*. (2002), mencionan que el tiempo que tarda un ecosistema en responder a los programas de manejo varía dependiendo de la escala en la que se da este manejo. Así, por ejemplo, el impacto de la deforestación sobre el régimen hidrológico de una cuenca puede observarse en unos cuantos años si se trata de una microcuenca. Sin embargo, tratándose de una cuenca, los efectos de la deforestación pueden tomar varios años en manifestarse.

Para estimar o cuantificar los impactos del efecto que tiene las prácticas conservacionistas sobre el rendimiento hídrico y la producción de sedimentos, se ha empleado tradicionalmente la metodología de cuencas pareadas (Bruijnzeel y Vertessy, 2004; Best *et al*., 2003), según la cual es posible medir

el efecto de los tratamientos en una de ellas y compararlo con la respuesta de la otra que actúa como testigo.

El IMTA desarrolla un proyecto que contempló la instrumentación e instalación de vertedores de garganta larga para iniciar con la evaluación de los efectos de tecnologías conservacionistas utilizando cuencas pareadas por medio de la cuantificación de los escurrimientos y la producción de sedimentos, de esta manera, están plenamente instaladas y funcionando las microcuencas Ichupio (con prácticas y conservacionistas como presas de gaviones, piedra acomodada, geocostales, reforestación, etc.) y Malacate (sin prácticas conservacionistas). De esta forma, se está registrando información precisa y robusta que permitirá describir con certeza el comportamiento del proceso lluvia-escurrimiento-erosión hídrica en microcuencas de la cuenca del Lago de Pátzcuaro.

Materiales y Métodos

Ubicación de las microcuencas

Se seleccionaron dos microcuencas, una de ellas corresponde a la microcuenca de evaluación para este caso donde se han establecido prácticas y obras conservacionistas (Ichupio con 101.94 ha). La otra es la microcuenca "testigo" que corresponde a la microcuenca donde no se han realizado acciones y obras conservacionistas (Malacate con 149.25 ha). En la Figura 1 se presenta la ubicación de las microcuencas pareadas, están en el municipio de Tizintzuntzan en la cuenca del Lago de Pátzcuaro.

Figura 1. Ubicación de las microcuencas pareadas.

En ambas microcuencas la categoría de uso de suelo predominante es la forestal (del 74 al 79% de la superficie), con áreas de pastizal (11 al 18%) y agricultura (1 al 3%).

Instrumentación

La instrumentación de las microcuencas consiste en la instalación de pluviómetros digitales para la medición de la precipitación y la construcción de un aforador de garganta larga (Figura 2) equipado con un sensor ultrasónico (Figura 3) para registrar la información de carga o nivel y el gasto (escurrimiento superficial) que se presenta en las microcuencas.

Figura 2. Aforador de garganta larga para medición de los escurrimientos en las microcuencas.

Figura 3. Sensor ultrasónico para el registro de los escurrimientos en las microcuencas.

Medición de sedimentos

Durante el periodo de lluvia se estuvieron "cazando" las lluvias, y de aquellos eventos de lluvia que generaron escurrimiento superficial se estuvieron tomando muestras de agua del escurrimiento en el transecto del canal antes de llegar a la zona de medición.
La toma de muestra se realiza cada 5-10 minutos, y se inicia la toma de muestras inmediatamente después de que comienza el escurrimiento y se finaliza hasta que prácticamente deja de escurrir en el canal. Posteriormente, mediante el filtrado y secado de muestras en laboratorio se cuantificaron los sedimentos en cada muestra.

Resultados y Discusión

Análisis de la medición de lluvia

En la Figura 4 se presenta gráficamente la precipitación mensual que se registró en las microcuencas Ichupio y Malacate durante el 2015.

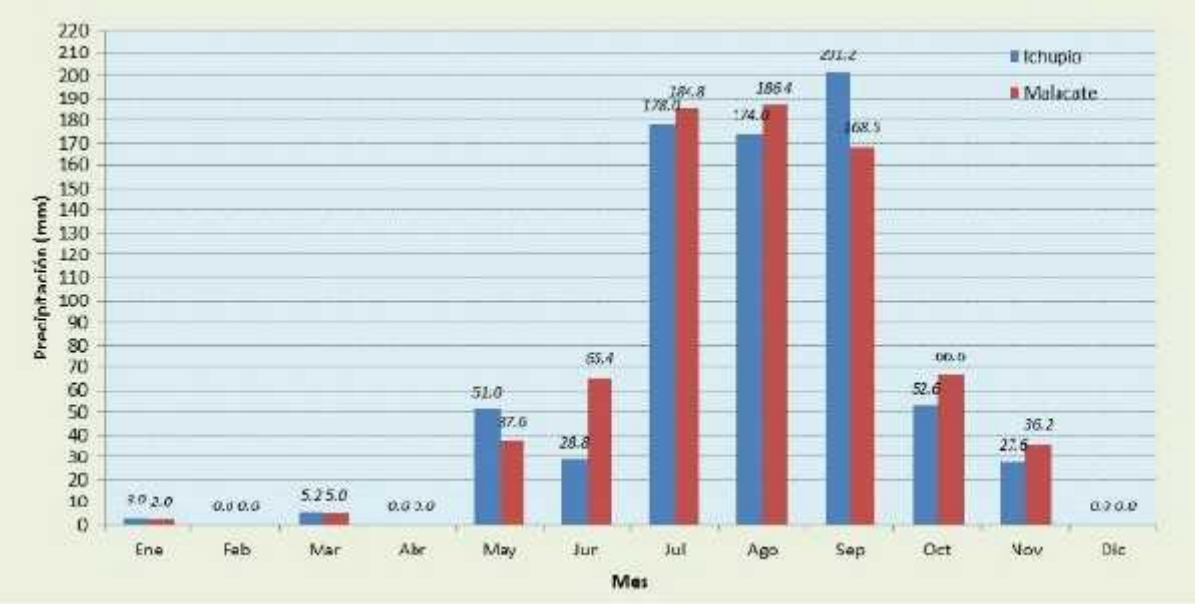


Figura 4. Precipitación mensual registrada en las microcuencas Ichupio y Malacate.

Durante el periodo de evaluación se cuantificaron 721.4 mm de lluvia en la microcuenca Ichupio y 752.6 mm en la microcuenca Malacate, es decir, solamente hay 31.20 mm de diferencia entre ambas microcuencas, y de entrada recordemos que la microcuenca Malacate es la que no tiene obras y prácticas conservacionistas y es también en la que se presentaron más eventos de lluvia y por tanto más cantidad de lluvia.

Analizando la información a más detalle se llegó a encontrar que se presenta escurrimiento en lluvias que superan los 11 mm al día pero siempre y cuando existan antecedentes de precipitación de los 5 días previos que totalicen más de 30 mm. Sin embargo en lluvias mayores a 25 mm es seguro que se presente el escurrimiento si existen antecedentes de precipitación de los 5 días previos que totalicen más de 25 mm.

Caso particular es el único evento de escurrimiento que se presentó en la microcuenca Ichupio, ya que las condiciones para que se presentara el escurrimiento el 16 de septiembre es que en los dos días previos precipitaron 61.6 mm, y por tanto, el suelo estaba saturado de humedad y por eso se presentó escurrimiento.

Análisis de la producción de sedimentos y evaluación de los efectos de las prácticas y obras

Para realizar la evaluación e identificar el efecto que causan en la producción de escurrimientos y sedimentos las obras y prácticas conservacionistas, es necesario hacer un análisis conjunto de la información por evento que se presentó, y también por supuesto, analizarlo de manera global con los totales obtenidos.

En los Cuadros 1 y 2 se presentan los resultados de las variables cuantificadas por evento que se presentó en el 2015 en ambas microcuencas.

Cuadro 1. Degradación específica, producción de sedimentos, escurrimientos y precipitación para la Microcuenca de Malacate (sin prácticas de conservación) en el 2015.

Fecha	Precipitación del evento (mm)	Escurrimiento (mm)	Escurrimiento máximo (m^3/s)	Volumen (l)	Concentración media de sedimentos (g/l)	Producción de sedimentos (kg)
23-may-13	9.0	0.505	388.10	753,051	28.7	21,612.56
29-jul-13	6.8	0.099	73.60	148,464	9.9	1,469.79
09-ago-13	18.6	0.302	253.40	450,147	24.3	10,938.57
15-ago-13	13.8	0.073	77.40	108,840	8.1	881.60
24-ago-13	27.6	0.628	532.10	937,245	31.2	29,242.04
26-27-ago-13	21.0	0.656	48.10	979,239	8.4	8,225.61
07-sep-13	14.8	1.362	285.60	2,032,080	16.1	32,716.49
08-sep-13	2.4	0.011	6.20	16,230	4.9	79.53
15-sep-13	18.2	0.868	487.00	1,295,145	29.6	38,336.29
24-sep-13	10.6	0.853	209.60	1,273,110	11.8	15,022.70
04-oct-13	16.6	0.407	253.90	606,678	13.9	8,432.82
19-oct-13	9.6	0.008	8.80	12,579	4.8	60.38
02-nov-13	12.8	0.328	186.60	490,140	6.8	3,332.95
Total	**181.8**	**6.100**		**9,102,948**		**170,351.35**

Coef. de escurrimiento anual: 0.00846, Coef. de escurrimiento de eventos: 0.0336, Volumen: 9,102.95 m^3, Producción de sedimentos: 170.35 t, Superficie de la microcuenca: 149.25 ha, Degradación específica: 1,141.46 kg/ha.

Cuadro 2. Cuantificación de la producción de escurrimientos y sedimentos por evento, y degradación específica evaluada en la microcuenca Ichupio (con obras y prácticas de conservación) en el 2015.

Fecha	Precipitación del evento (mm)	Escurrimiento (mm)	Escurrimiento máximo (l/s)	Volumen (l)	Concentración media de sedimentos (g/l)	Producción de sedimentos (kg)
16-sep-13	22.4	0.011	20.00	17,079	6.3	107.60
Total	***22.4***	***0.011***		***17,079***		***107.60***

Coef. de escurrimiento anual: 0.00002, Coef. de escurrimiento de eventos: 0.0005, Volumen: 17.08 m^3, Producción de sedimentos: 0.11 t, Superficie de la microcuenca: 101.94 ha, Degradación específica: 1.06 kg/ha.

La microcuenca Ichupio presenta un caudal total anual mucho menor que el registrado en la microcuenca Malacate. En primer lugar, además de tener una mayor superficie la microcuenca Malacate, fue la que presentó los mayores escurrimientos máximos, lo que derivó en presentarse un mayor caudal, aunado a que en su área de captación de la microcuenca no existen obras ni prácticas conservacionistas. Una particularidad observada, es que en la microcuenca Ichupio se presentaron las mayores cantidades de precipitación por evento comparados con los registrados en la microcuenca Malacate y debido a que tiene en su cuenca de captación las obras y prácticas conservacionistas, fue que no se presentaron más eventos de escurrimiento.

Un dato importante a mencionar es que la microcuenca Malacate tiene una pendiente media en su área de aportación mayor (32.18%) que la de la microcuenca Ichupio (29.75%). Por supuesto que en lo referente a la producción de sedimentos se tuvo una respuesta similar a la encontrada en la de

producción de escurrimientos, ya que en general, en la microcuenca Malacate se encontraron las mayores concentraciones de sedimentos en los muestreos que se realizaron, aunado a que se presentaron mayores volúmenes de escurrimiento es que se tuvieron mayores pérdidas de suelo que se transportaron en el agua de escurrimiento. Finalmente, se obtuvo una producción de sedimentos de 170.35 toneladas en la microcuenca Malacate (que no tiene manejo conservacionista), y lo contrario se cuantificó en la microcuenca Ichupio (con manejo conservacionista) ya que tan solo se cuantificaron 0.11 toneladas de sedimentos que "salieron" de la microcuenca. Esto nos lleva a obtener otro parámetro que es la degradación específica, que para la microcuenca Malacate fue de 1.14 t/ha (1,141.46 kg/ha), y para la microcuenca Ichupio fue de 0.001 t/ha (1.06 kg/ha), es decir, por efecto de las obras y prácticas conservacionistas se logró reducir en 99.91% la salida de sedimentos de la cuenca, o en otras palabras, prácticamente no se produjo erosión hídrica.
Es importante recalcar, que los datos presentados, corresponden a una investigación realizada durante un año, y lo recomendable es continuar con el registro de información en por lo menos otros 4 años más para tener conclusiones más sustentadas, y será hasta entonces en que las tendencias que se obtendrán se apegarán más a la realidad para comprender la relación lluvia-escurrimiento-erosión en las microcuencas pareadas tipo de la cuenca del Lago de Pátzcuaro. Para entonces, se podrá comparar estadísticamente los rendimientos hídricos y la producción de sedimentos asociados con las dos microcuencas, y se practicarán transformaciones matemáticas apropiadas para las variables de forma que se obtenga una tendencia estadística aceptable.

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos se pueden mencionar que la eficiencia para el control de los escurrimientos superficiales fue de 99.82% debido al efecto de las obras y prácticas conservacionistas establecidas en la microcuenca Ichupio, y por tanto la lluvia que precipita en la microcuenca se "queda" en el sistema cuenca como infiltración, humedad del suelo, aprovechamiento de humedad, recarga de acuífero, etc. Una similar tendencia se observó en la producción de sedimentos. En la microcuenca Malacate se presentaron los mayores escurrimientos máximos, así como, las mayores láminas de escurrimiento. La misma tendencia se observó en los contenidos promedio de sedimentos en las muestras de agua de un litro que se analizaron, ya que el contenido en gr/l por muestra fue mayor en las muestras de escurrimientos.

Referencias

Best, A., Zhang, l., McMahon, T., Western, A. y Vertessy, R. 2003. A critical review of paired catchments studies with reference to seasonal flows and climatic variability. Murray-Darling Basin Commission and CSIRO, Camberra. 56 pp.

Bruijnzeel, L. A. and Vertessy, R.A. 2004. Impacts of forest management on streamflow. En: Burley, J., J. Evans J.Y. Quist (Eds.) Encyclopedia of Forest Science. Elsevier, The Netherlands. pp. 358-366

Hatton, T., P. Reggiani and G. Hodgson. 2002. The role of trees in the water salt balances of catchments. Stirzaker, R., R. Vertessy y A. Sarre (eds). Trees, Water and Salt: an Australian Guide to Using Trees for Healthy Catchments and Productive Farms. Joint Venture Agroforestry Program and CSIRO, Australia. Pp 28-42.

MINERALIZACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO DE MEZCLAS DE SUELO CON ACTIVIVDAD FLORÍCOLA Y COMPOSTA

Rodríguez-Fuentes, S.[1]; López-Arciniega, F.[1]; Mejía-Carranza, J.[2], Ramírez-Gerardo, M.[1*]

[1]Tecnológico de Estudios Superiores de Villa Guerrero. Villa Guerrero, Estado de México. México.
[2] Universidad Autónoma del Estado de México, Tenancingo, Estado de México. México.

*Autor responsable:maritthza@gmail.com; Carretera Toluca-Ixtapan de la Sal km 64.5. La Finca, Villa Guerrero, Estado de México. México. CP 51760; Tel. +52(714)-1461487.

Resumen

La actividad florícola en Villa Guerrero, en el Estado de México ha demeritado la calidad del suelo debido a la aplicación excesiva de agroquímicos. Para conservar la calidad de suelo, actualmente se incorporan abonos orgánicos como compostas, las cuales se espera mejorarán la calidad de este, así como la calidad de la flor. El objetivo de esta investigación fue evaluar la mineralización de mezclas de suelo con diferentes dosis de composta, similares a las elaboradas por los floricultores. Se recolectaron muestra de suelo de invernadero donde se produce rosa variedad "Samurai". Se manejaron tres dosis de composta (0.5, 0.75 y 1 g) por 100 g de suelo y se mantuvieron en incubaciones aerobias en condiciones constantes de humedad (30%) y temperatura (28°C) (n=3). Después de 44 días de incubación se determinó la mineralización de la materia orgánica mediante la liberación del C-CO_2 acumulado. Se encontró que las dosis de composta de 0.75 y 1 g presentaron una mineralización muy semejante (425 mg C-CO_2 kg^{-1} suelo), una dosis de 0.5 g no indujo una mineralización evidente de la materia orgánica del suelo. Después de la incubación se encontró que pH, CE, contenido de nitratos y porcentaje de materia orgánica no fueron diferentes estadísticamente respecto del suelo sin aplicación de materia orgánica ($p<0.05$). Se concluyó que una dosis de 0.75 g de composta es una opción viable para aplicar al suelo con una producción florícola intensiva, pues promovió la actividad del suelo y la mineralización de la materia orgánica.

Palabras clave
Incubación aerobia; materia orgánica, Rosa x hybrida.

Introducción

La agricultura intensiva es una de las principales causas de la degradación del suelo, principalmente debido a la pérdida de materia orgánica (Félix-Herrera *et al.*, 2010, Motavalli *et al*., 2013). De manera que la aplicación de ésta en forma de abonos orgánicos tales como compostas, abonos verdes y estiércoles, incrementan la actividad microbiana, la cual se encarga de mineralizar la materia orgánica liberando nutrientes que utilizan las plantas. De igual forma, la incorporación de compostas a los campos de cultivo ayuda a mejorar propiedades físicas como estructura, aireación, permeabilidad, así como características químicas como pH, conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico, mejorando la calidad del suelo (Olivares-Campos *et al*., 2012).
En Villa Guerrero, en el Estado de México, la floricultura ha demeritado la calidad de los suelos debido al exceso de uso de agroquímicos, sin embargo, actualmente las formas de producción intentan mejorar la calidad edáfica y para ello se incorporan abonos orgánicos como compostas, elaboradas a

partir de residuos florícolas o residuos vegetales del mercado o municipales.
A pesar de todos los beneficios que otorga la materia orgánica de las compostas, es importante saber su mineralización y los efectos sobre las características del suelo, además, muchas sustancias encontradas en compostas inmaduras pueden producir una reducción en el rango de crecimiento de las plantas, lo cual depende de la fuente de material empleado y el proceso de compostaje, por lo que es recomendable tener una idea de las dosis a aplicar para proponer un uso racional de la composta (Gerrero *et al*., 2007; Olivares-Campos *et al*., 2012).
Una manera de saber la dinámica de mineralización de la materia orgánica es mediante la utilización de incubaciones aerobias para estimar el carbono orgánico mineralizado al mezclar composta con suelo. Esta estimación no solo expresa la mineralización sino también indica el nivel de actividad microbiana al incorporar el abono orgánico al suelo.
El objetivo de esta investigación fue evaluar la mineralización mediante la liberación de C-CO_2, de una composta elaborada con residuos vegetales incorporada en varias dosis a un suelo proveniente de cultivo de Rosa x hybrida. Los resultados permitirán hacer una mejor estimación de las dosis de composta a aplicar, beneficiando la conservación de la calidad del suelo y ayudando a reducir el uso de agroquímicos.

Materiales y Métodos

Recolección del suelo. El suelo se recolectó de cultivo de rosa (Rosa x hybrida) variedad "Freedom", a una profundidad de 0.2 m, de un invernadero ubicado en Villa Guerrero, Estado de México (18° 58'N y 99° 38'O). El suelo se transportó en bolsas de polietileno tipo zip, al laboratorio de Química del Tecnológico de Estudios Superiores de Villa Guerero, donde se secó a temperatura ambiente (25 °C), luego se molió con un mazo de madera y se tamizó a 2 mm para su posterior análisis físico y químico.

Determinación de la mineralización del carbono orgánico. En frascos herméticos con capacidad de 1 L se colocó suelo mezclado con composta según el tratamiento. Estos se incubaron a una temperatura de 28±1°C y con una humedad del 30 %. Los tratamientos se aplicaron por cada 100 g de suelo, manejando tres dosis: T1 = 0.5g de composta, T2 = 0.75 g, T3 = 1 g de composta y un Testigo que consistió únicamente en suelo, cada uno con 3 repeticiones. Estos tratamientos representaron 1, 1.5 y 2 kg de composta m^{-2}, considerando una densidad de suelo de 1.05 t m^{-3}. Posteriormente, para capturar el C-CO_2 liberado en cada tratamiento, se introdujo un recipiente con 10 mL de NaOH 0.1 M, el cual se valoró químicamente con HCl 0.5 M, agregando 5 mL de $BaCl_2$ 0.5 M. Dicha valoración se realizó cada 24 h durante los primeros siete días, luego cada tercer día, durante un periodo de 44 días.
Al final de la incubación aerobia, el suelo se secó nuevamente a temperatura ambiente (25°C) y se determinó el pH (1:5 suelo/agua) con un medidor de pH (Conductronic pH 120, México) y la conductividad eléctrica (1:5 suelo/agua) con un Conductivity Tester (HANNA instrument, USA). El contenido de nitratos (NO_3^-) se realizó a partir de mezclar 10 g de suelo en 50 mL de $BaCl_2$ 0.01M, agitando por 30 min y luego, utilizando tiras Aquachek (HACH, USA) se determinó el contenido de nitratos. Se determinó el porcentaje de materia orgánica mediante el método de Wakley y Black.
La composta utilizada se elaboró con residuos vegetales derivados del mercado de Villa Guerrero, estiércol (res y gallinaza) en un proporción 3:1 (residuos vegetales/estiércol, peso fresco), se agregaron 500 g de levadura, melaza, cenizas y suelo de monte. Fue una composta similar a la que elabora un floricultor con los residuos orgánicos del hogar o de la misma producción de flores.
El análisis de resultados del carbono orgánico mineralizado acumulado y las variables determinadas al final de las incubaciones, se realizó mediante pruebas de ANOVA ($p<0.05$) y, la separación de

medias calculando la mínima diferencia significativa, mds, con el paquete estadístico SAS versión 8.

Resultados y Discusión

Las características del suelo indicaron que se trató de un suelo franco, con un porcentaje de materia orgánica alto (Rodríguez y Rodríguez, 2011) y un pH ligeramente ácido (Cuadro 1). Referente a la composta se observó que el pH se encontró dentro de los límites permitidos, el contenido de materia materia orgánica fue adecuada (15.8%) así como la relación C/N que indicó que no se vio favorecida la inmovilización de N al incorporar este tipo de composta al suelo.

Característica	Suelo	Composta
pH (1:5)	9.2	6.63
Arena, Limo, arcilla, %	No determinado	50-28-22. Franco
Materia orgánica, fácilmente oxidable, %	15.84	2.4
N	1.34	0.15
P, ppm	3188	509
K, ppm	14400	620
Na, ppm	600	No determinado

Cuadro 1. Características físicas y químicas de suelo y composta utilizadas en la incubación aerobia.

La mineralización del carbono orgánico del suelo incubado después de 44 días de incubación fue de 310 mg C-CO_2 kg^{-1} en el suelo sin aplicación de composta (testigo), valor similar a lo reportado por Ramírez *et al.* (2015) en suelos florícolas de la misma zona. En los tratamientos donde se aplicó composta se registraron valores mayores de C-CO_2 liberado respecto del suelo testigo, pero solo los tratamientos T2 (0.75 g) y T3 (1 g), fueron mayores estadísticamente ($p<0.05$) respecto de este. Además, se observó que ambas dosis aplicadas no fueron diferentes estadísticamente entre sí, alcanzando valores similares al final del experimento de 425 mg C-CO_2 kg $suelo^{-1}$ (Figura 1).

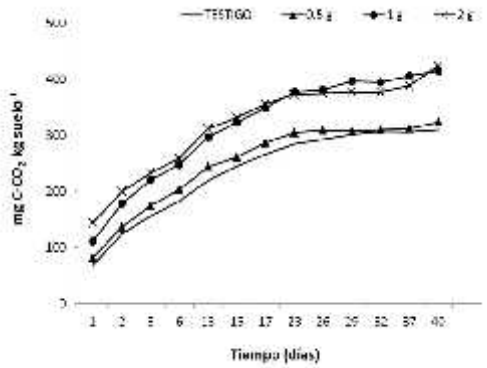


Figura 1. Liberación de C-CO_2 de suelo incubado al aplicar tres dosis diferentes de composta, n=3.

Después de las incubaciones, se detectó en los diferentes tratamientos que la aplicación de composta modificó el pH del suelo incrementándolo ligeramente (Cuadro 2). En cuanto a la conductividad eléctrica se observó que aunque fue menor en el suelo testigo y en el tratamiento donde se incorporó la mínima cantidad de composta (0.5 g), no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. El contenido de nitratos no fue diferente estadísticamente al aplicar las diferentes dosis de composta respecto del testigo (suelo sin aplicación), sin embargo es posible que no se haya detectado diferencia debido al método utilizado en esta investigación. Finalmente se encontró que el porcentaje de materia orgánica fue ligeramente más alto en el suelo testigo, lo que indicó que hubo una menor mineralización y en consecuencia una menor actividad microbiana, sin embargo, no hubo diferencias significativas respecto del resto de los tratamientos.

Tratamiento	pH	CE	NO_3^-	Materia orgánica
g de composta 100^{-1} g de suelo		µS	kg ha^{-1}	%
T1, 0.5	6.82±0.33 a	0.18±0.04 a	175±19 a	2.63±0.17 a
T2, 0.75	6.79±0.36 ab	0.23±0.02 a	210±0 a	2.52±0.17 a
T3, 1 g	6.34±0.28 b	0.20±0.02 a	157±17 a	2.52±0.11 a
Testigo, sin aplicación de composta	6.28±0.03 ab	0.18±0.02 a	129.5±23 a	2.77±0.04 a
mds	0.53	0.054	101.13	0.24

Cuadro 2. Características determinadas en mezcla de suelo con composta al finalizar la incubación aerobia. n=3±ES, letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, mds= mínima diferencia significativa, $p<0.05$.

Conclusiones

La dosis de 0.75 g de composta aplicada en 100 g de suelo fue suficiente para inducir la actividad microbiana y la mineralización de la materia orgánica evaluada mediante la liberación de $C\text{-}CO_2$, una dosis de 0.5 g no indujo una mineralización evidente y la dosis de 1 g de composta resultó muy similar a la de 0.75, de manera que para fines económicos y evitar posibles problemas de contaminación resulta factible proponer la dosis de 0.75 g.

Las dosis aplicadas no modificaron las propiedades químicas del suelo: pH, CE, contenido de nitratos y materia orgánica, al menos después de 44 días de incubación y bajo las condiciones de humedad y temperatura constantes manejadas en este experimento.

Referencias

Guerrero, C., R. Moral, I., Gómez, R. Zorzona and V. Arcenegui. 2007. Microbial biomass and activity of an agricultural soil amended with ten solid phase of pig slurry. Bioresource Technology 98:3259-3264.

Motavalli, P., K. Nelson, R. Udawatta, J. Shibu and S. Bardhan. 2013. Global achievements in sustainable land management. International Soil Water Conservation Research. 1(1):1-10.

Olivares, M.A., A. Hernández-Rodríguez, C. Vences-Contreras, J.L. Jázquez-Balderrama y D. Ojeda-Barrrios. 2012. Lombricomposta y composta de estiércol de Ganado vacuno lechero como fertilziantes y mejoradores. Universidad y Ciencia. Trópico Húmedo. 28(1):27-37.

Ramírez-Gerardo, M.G, M.A. Chávez-García and J. Mejía-Carranza. 2015. Evaluación de un vermicompost y lixiviados en *Solidago x hybrida*, y mineralización de C orgánico en incubaciones aerobias. φhyton, Revista Internacional de Botánica Experimental. 84: 397-406.

Rodríguez, H y J. Rodríguez. 2011. Métodos de análisis de suelos y plantas. Criterios de interpretación. México, D. F. Ed. Trillas. 239 pp.

EL PROCESO DE TRANSFORMAR MADERA A CARBÓN VEGETAL SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES EDÁFICAS

Rodríguez-Zamudio, Z.[1*]; García-Gallegos, E.[1]; Vázquez-Cuecuecha, O.[1]; Hernández-Acosta, E.[2]

[1]Maestría en Ciencias en Sistemas del Ambiente. Centro de Investigación en Genética y Ambiente. Universidad Autónoma de Tlaxcala.
[2]Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, estado de México.

[*]Autor responsable: zita27rguez@hotmail.com. Av. Universidad No. 1, Col. La Loma Xicohtencatl, Tlaxcala. CP. 90000. Tel/Fax. 01 248 48 1 55 00

Resumen

El objetivo de la investigación fue determinar el efecto del incremento de la temperatura por el proceso de transformar madera a carbón vegetal sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo. Se realizó el muestreo suelo antes de colocar el horno y posterior dentro del municipio de San Pablo del Monte, Tlaxcala, localizado en su totalidad dentro del Parque Nacional La Malinche. De cada una de las muestras se determinó pH, textura, densidad aparente, materia orgánica, y conductividad eléctrica. Los resultados mostraron que el pH no presentó cambios; sin embargo, el contenido de materia orgánica se incrementó hasta en un 16.1% con respecto al 3.7% del suelo antes de colocar el horno, mientras que el contenido de sales aumentó en un 33%. De la misma manera el porcentaje de arcilla se incrementó en todos los suelos después del proceso de carbonización y finalmente la densidad aparente disminuyó. Las variables evaluadas se recomiendan sean consideradas como indicadores edáficos para determinar la calidad del suelo que se emplea para el proceso de carbonización.

Palabras clave
Bosque templado, suelos, temperatura.

Introducción

El carbón vegetal se obtiene como una consecuencia de la reducción química de la materia orgánica en determinadas condiciones, aunque las técnicas son muy variables, el principio fundamental es común en todas ellas. El proceso de carbonización se compone de cuatro fases: a) combustión, durante esta fase la temperatura aumenta rápidamente hasta llegar a los 600 °C con lo que disminuye la cantidad de aire, dándose el secado de la madera; b) deshidratación, su duración es variable depende del horno y cantidad de madera, la temperatura es alrededor de 270°C; c) exotérmica, una vez eliminada el agua se produce un aumento de temperatura y la madera desecha sustancias como ácido acético, agua, alcohol metílico, alquitrán, dióxido de carbono; entre otros, siendo eliminados a través del humo, antes de que cese la destilación debe cerrarse el horno, el indicativo es la disminución de humo y cambio de color de éste; d) enfriamiento, el tiempo dependerá de las condiciones del horno y la cantidad de madera, pueden ser varios días (Servicio Forestal, 2004).
El incremento de la temperatura por el proceso de transformación de la madera a carbón vegetal modifica los ciclos biogeoquímicos, produce cambios en la vegetación, suelo, fauna, procesos hidrológicos y geomorfológicos, calidad de las aguas e incluso cambios en la composición de la atmósfera (Moody y Martin, 2009; Raison et al., 2009). Es un factor que modifica algunas propiedades físicas y químicas del suelo, la estructura y la textura sufren alteraciones debido al cambio en la proporción y arreglo de las partículas (Mac Donald y Hoffman, 2004). Dentro de las propiedades químicas se altera la liberación de nutrimentos, ya que algunos minerales contenidos en la materia viva y en el manto de residuos orgánicos en proceso de descomposición de la superficie se

pierden por volatilización o lixiviación, y otros más se transforman en óxidos. La cantidad de materia orgánica y N total que permanece en el suelo se reduce en más de un 50%, dependiendo del incremento de la temperatura (Maycotte *et al*., 2002), lo que repercute en la reducción de la fertilidad del suelo (Fassbender y Bornemisza, 1987), aunque a través del tiempo el contenido de materia orgánica tiende a incrementarse en el ecosistema, debido a la repoblación natural de la vegetación y su aporte de biomasa en el sitio (Perry, 1994).
El objetivo de la investigación fue determinar el efecto del incremento de la temperatura por el proceso de transformar madera a carbón vegetal sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo.

Materiales y Métodos

El área de estudio fue dentro del municipio de San Pablo del Monte, el cual se encuentra en su totalidad dentro del Parque Nacional La Malinche, Tlaxcala. Sus coordenadas geográficas están entre los paralelos 19° 06' y 19° 13' de latitud norte y meridianos 98° 06' y 98°12' de longitud oeste, a una altitud entre 2 200 y 2 700 msnm (INEGI, 2009). Se seleccionaron 3 hornos, las muestras de suelo se recolectaron antes de colocar los hornos y posterior a apagarlos, de cada sitio donde se colocó el horno se tomarán 8 muestras simples de suelo de 1 kg aproximadamente, a una profundidad de 0-30 cm a través del método sistemático (NMX-AA-132-SCFI-2006), en este muestreo los puntos fueron a distancias uniformes entre sí a fin de brindar total cobertura. Las muestras se introdujeron a una bolsa plástica, se etiquetaron y trasladaron al laboratorio para su preparación y análisis de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000 (DOF, 2002). Cada muestra se colocó sobre papel Kraft para secarse a temperatura ambiente y a la sombra, se pasaron por un tamiz de abertura de malla de 2 mm para obtener un tamaño de partícula homogéneo. A cada muestra de suelo se le determinó: textura, por el hidrómetro de Bouyoucos (Rodríguez y Rodríguez, 2002); densidad aparente por (Hernández, 2007); pH, en una suspensión de suelo: agua (1:2 p/v) (Jackson, 1976); conductividad eléctrica (CE), en el extracto de saturación (Richards, 1990); contenido de materia orgánica, por el método de Walkley-Black (Jackson, 1976). A los datos se les aplicó un análisis de varianza y una comparación de medias por el método Tukey ($p<0.005$) empleando el software Info Stat versión 8 (Di Rienzo *et al*., 2008).

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se presenta la diferencia significativa ($p<0.05$) entre los valores promedio de los parámetros edáficos determinados antes de colocar el horno y posterior. De acuerdo a la clasificación que establece la NOM-021 el pH permaneció como neutro, no existieron diferencias significativas. Rodríguez y Rodríguez (2002) mencionan que un intervalo de pH de 5.8 a 7.5 se considera como el más deseable para la movilidad nutrimental para la mayoría de los cultivos. Respecto a la CE hay un efecto despreciable de sales, el valor en el suelo antes de colocar el horno fue de 0.04 dS/m y posterior se incrementó en un 33% en promedio. En cuanto a la materia orgánica se cuantificó un porcentaje muy bajo en el suelo antes de colocar el horno para transformar la madera a carbón vegetal (< 4 %), pero posterior a este proceso el contenido de materia orgánica se incrementó de forma considerable (> 16.1%), siendo el suelo 3 significativamente diferente ($p<0.05$), debido a que presentó el mayor porcentaje de materia orgánica (21.6%). García *et al*. (2014) reportaron que suelos dentro del Parque Nacional La Malinche el porcentaje de materia orgánica presentó un intervalo de 0.9 a 1.1%, valores aún más bajos que los encontrados en este trabajo en el suelo antes de colocar el horno.

Cuadro 1. Propiedades físicas y químicas del suelo antes de colocar el horno y posterior.

Parámetro	Suelo 1	Suelo 2	Suelo 3	Suelo 4
pH	6.7± 0.04a	6.8± 0.03a	6.7± 0.03a	6.7± 0.03a
Materia orgánica (%)	3.7± 5.9c	18.8± 5.1a	21.6± 5.1a	14.9± 5.1b
Arena (%)	86.6± 1.7a	87.0± 1.5a	81.4± 1.5a	81.7± 1.5a
Limo (%)	10.2± 1.7ab	9.3± 1.5b	14.1± 1.5a	12.6± 1.5a
Arcilla (%)	3.1± 0.3b	3.6± 0.3b	4.4± 0.3ab	5.6± 0.3a
Densidad aparente (g/cm^3)	1.22± 0.05a	1.18± 0.04ab	1.14± 0.04ab	1.03± 0.04b
CE (dS/m)	0.04± 0.02b	0.16±0.02a	0.10±0.02ab	0.10±0.02ab

*Media Tukey ± DE (n = 8). $p \leq 0.05$. Medias con la misma letra por fila son estadísticamente iguales.

La materia orgánica incrementa la estructuración de los agregados del suelo, es una reserva de macro y micronutrimentos, debido a que presenta características de adsorción e intercambio, además de proporcionar energía a los microorganismos e inferir en la movilidad de los elementos para formar complejos Romanya *et al*. (2007). Rodríguez *et al*. (2015) mencionan que un bajo contenido de MO en suelos puede ser debido al efecto de las prácticas agrícolas, a la aplicación de fertilizantes y el laboreo del suelo, lo que provoca el deterioro de la estructura de éste, además de incrementarse la densidad aparente, lo que limita la producción agrícola. Sin embargo, los efectos indirectos del fuego sobre los suelos se producen a partir de la desaparición de la cubierta vegetal, la adición de cenizas y el ennegrecimiento del suelo. Estas modificaciones suponen cambios microclimáticos en la humedad edáfica, temperatura y radiación solar que afectarán a la recuperación del sistema tanto en beneficio (menos competencia, más luz, más nutrimentos) como en detrimento (mayor erosión, menos infiltración) del ecosistema. Después de un incendio, normalmente disminuye la acidez del suelo, debido a la destrucción de ácidos orgánicos y al aporte de carbonatos, cationes básicos y óxidos procedentes de las cenizas, afecta directamente al complejo de cambio mediante la combustión de la materia orgánica y la alteración de los minerales de arcilla. La materia orgánica se altera a temperaturas entre 100 y 500 ºC, mientras que los minerales se alteran a temperaturas mucho más altas. Tras exposición a temperaturas moderadas, la conductividad eléctrica del suelo puede aumentar notablemente por la incorporación de sales solubles procedentes de la combustión de la materia orgánica (González *et al*., 2011).

En cuanto a las propiedades físicas determinadas, la densidad aparente del suelo disminuyó en los suelos expuestos al incremento de la temperatura del horno, esto debido probablemente al incremento del contenido de la materia orgánica, el suelo 4 fue significativamente menor ($p<0.05$) con respecto al suelo antes de colocar el horno, el cual presentó un valor de 1.22 g/cm^3 y de acuerdo a la NOM-021 para suelos volcánicos el valor máximo de densidad aparente debe ser 1 g/cm^3. Finalmente, en cuanto a la proporción de partículas en los suelos predomina el contenido de arena y el porcentaje de arcilla fue significativamente mayor ($p<0.05$) en el suelo 4. Romero *et al*. (2015) reportan que la densidad aparente es afectada por las partículas sólidas y por el espacio poroso, el cual a su vez está determinado principalmente por la materia orgánica del suelo.

Conclusiones

Los suelos de los sitios estudiados fueron similares en cuanto al pH, predominó la fracción arena en la textura y se modificó el contenido de arcilla, la cantidad de materia orgánica fue baja antes de colocar el horno y muy alta una vez que concluyó el proceso de carbonización, al igual que el contenido de sales, mientras que la densidad aparente disminuyó. Las variables evaluadas se recomiendan sean consideradas como indicadores edáficos para determinar la calidad del suelo

empleado para el proceso de carbonización, debido a que en el estado de Tlaxcala son escasos los trabajos registrados que tomen en consideración las características edáficas, por lo que con este estudio se genera conocimiento importante, el cual puede ser considerado para proponer estrategias de manejo adecuado de los suelos del Parque Nacional La Malinche.

Referencias

Diario Oficial de la Federación (DOF). 2002. NOM-021-SEMARNAT-2000. Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. 31 de diciembre de 2002. 85 p.

Di Rienzo J. A., Casanoves F., Balzarini M.G., González L., Tablada M., Robledo C.W. 2008. Info Stat, versión 2008, Grupo Info Stat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Fuentes, S. M. 1995. Tecnología de la madera II; Propiedades físico-mecánicas. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 120 p.

García G. E., Hernández A. E., Acevedo S. O., Prieto G. F. 2014. Cu, Fe, Mn y Zn en suelos agrícolas localizados al noroeste de Tlaxcala, México. Revista Iberoamericana de Ciencias. 1: 205-212.

González, P. J. A., González V. R., De la Rosa, J. y González V. F. 2011. El fuego y la materia orgánica del suelo. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, España 2: 8-14.

Hernández J. L. 2007. Métodos para el análisis físico de los suelos. Manual de laboratorio. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Ediciones INCA, La Habana, Cuba. 54 p.

INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica. http://mapserver.inegi.org.mx/mgn2k

Jackson, M.L. 1976. Análisis químico de suelos. J. Beltrán M., traductor. 3ª ed. Omega. Barcelona, España. 622 p

López D. Juan Carlos. 2008. Estructura Silvícola y Dinámica de bosques de *Pseudotsuga menziessi (Mirb)* Franco en el estado de Tlaxcala. Tesis de Maestría en Ciencias en Sistemas del Ambiente. Centro de Investigación en Genética y Ambiente. UAT. Tlaxcala. 93 p.

NMX-AA-132-SCFI-2006. Muestreo de suelos para la identificación y la cuantificación de metales y metaloides, y manejo de la muestra. 32 p.

Pérez I. L y Pulido F 2014. Regeneración sexual de los bosques de encinos (*Quercus*): una perspectiva mundial. V Reunión del Grupo de Trabajo de Selvicultura: Regeneración natural y cambio global. Cuaderno Sociedad Española de Ciencias Forestales. 40: 175-182.

Richards L. A. 1990. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. 6ª. ed. Departamento de Agricultura de Estados Unidos de América. Editorial Limusa, México. D.F.

Rodríguez C. J., Cortiza M. A. W., Pereira M. C. A., Chacón I. A., Gattorno M. S., Rodríguez L. O., Rodríguez U. A., Jiménez C. R., Torres A. P. N. 2015. Determinación VIS/NIR del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas pardos mullidos medianamente lavados. Centro Agrícola 42 (3): 5-12.

Rodríguez F. H. y Rodríguez A. J. 2002. Métodos de análisis de suelos y plantas. Trillas. México, D. F. 196 p.

Romanya, J., Rovira, P., Duguy, B., Vallejo, R., and Rubio, A. 2007. C sequestration issues in the Mediterranean soils, in: Greenhouse gas Budget of Soils under Changing Climate and Land Use (Burnout), edited by: Jaindl, R. and Olsson, M., BFW, 15–22.

Romero B. C., García G. E. y Hernández A. E. 2015. Materia orgánica y densidad aparente en suelos del suroeste de La Malinche, Tlaxcala, México. Revista Iberoamericana de Ciencias. 2: 63-70.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México, D.F. 432 p.

Servicio forestal integral S.A. de C.V. 2004. Determinación del coeficiente de transformación de madera de encino m³ de carbón. Zacualtipan, Hidalgo. Reporte técnico RNF sec. 4 L2N 1/F13 No. 24. 24p.

StatPoint Technologies. 2011. Statgrahics Centurion XVI. Software estadístico versión en español. United States of America.

Valencia S., y López, F. 1999. Variación de la densidad de la madera dentro y entre árboles de *Pinus rudis* Endl., en Sierra las Alazanas, Arteaga Coah. Foresta-AN. Nota técnica No.1. UAAAN. Saltillo Coah. 17 p.

EVALUACIÓN DEL CULTIVO DE TRIGO BAJO CRITERIO DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN QUINTA FASE. VALLE DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA. MÉXICO

Román Calleros J.A.[5]; Cárdenas S.V[1].; Escobosa G.I.[1]; Núñez R. F. [1]; Soto O. R. [1]; Ruiz A.C.[1]

Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California.

Autor Responsable Dr. J. A. Román Calleros. jromanc@uabc.edu.mx Calle Escocia 886, Fracc. Villafontana. Mexicali, Baja California. México. C.P. 21180. 686-523-0088.

Resumen

Durante el sub ciclo agrícola Otoño-Invierno 2015-2016, en un suelo de textura arcillosa, del ejido Nuevo León, del Valle de Mexicali, Baja California, México, se llevó a efecto un estudio para evaluar la respuesta en rendimiento de grano del cultivo de trigo, en quinta fase secuencial, a tres niveles de humedad del suelo. Este trabajo es resultado del análisis aplicando el criterio de manejo de suelo en agricultura de conservación, que como característica esencial, se elimina el laboreo agrícola, dejando los residuos de la cosecha en el suelo. Bajo esta premisa, el consumo de combustible se reduce hasta en un 95 %, se elimina la emisión de CO_2 a la atmosfera, en el suelo se incrementa la presencia de lombrices y microorganismos que propician el mejoramiento físico y químico. Los tratamientos de humedad fueron: R1 con 2 riegos de auxilio; R2 con 3 riegos de auxilio, y R3 con 4 riegos de auxilio. El riego de germinación se aplicó a todos los tratamientos el 11 de Diciembre de 2015. Los resultados reportan buen desarrollo vegetativo, presencia significativa de lombrices en la capa de suelo 0-40. Los mayores rendimientos de grano de trigo se obtuvieron con la aplicación de cuatro riegos de auxilio; sin embargo, el análisis estadístico de rendimientos reporta que no existe diferencia significativa entre tratamientos. El volumen de agua aplicado con cuatro riegos, fue el doble del aplicado en R1, lo que representó 50 % menos agua en el ciclo.

Palabras clave
Agricultura de conservación, desarrollo sostenible, mejoramiento del suelo.

Introducción

A nivel mundial, el trigo es el cereal más utilizado en la alimentación humana. Su bajo precio y su alto valor energético, hacen que sea el cereal de mayor consumo. El grano de trigo contiene mayor nivel proteico que el maíz y el arroz. Además, sus características de procesamiento industrial, lo ubican entre las materias primas más utilizadas para elaborar alimentos. A nivel mundial, su importancia económica se evidencia, tanto en el abasto de alimentos, como en la generación de empleos, (FAO, 2005). No obstante, organizaciones internacionales, como Naciones Unidas (ONU), ponen sobre la balanza, lo que durante las últimas tres décadas ha representado una amenaza para los agricultores trigueros, debido principalmente a criterios económicos sobre el precio internacional del trigo, que indiscriminadamente aplican los consorcios industriales. Derivado de esta situación, surge la incertidumbre para los agricultores de qué hacer en el futuro, por lo que ellos mismos se preguntan ¿Qué es lo que deben hacer con su tierra? ¿Sembrar trigo para abastecer a la población, sin importar

el bajo margen de ganancia? ¿Cambiar de cultivo buscando mejores ganancias? De hecho, estas preguntas hasta ahora se han quedado en el aire, dejando sin respuesta a los productores. China, India, Estados Unidos, y Argentina, cada año producen cientos de millones de toneladas, con grandes ganancias, gracias a la enorme superficie sembrada. China y la India, por ejemplo, su producción mayormente es destinada a satisfacer una impresionante demanda interna, debido a su elevada población, que en conjunto representan aproximadamente el 40 % de los habitantes del mundo.

En México, la Comisión Nacional del Agua (CNA), reporta que en el Distrito de Riego 014, del Río Colorado, se cuenta con 207,965 hectáreas (ha) con derechos de riego, de las cuales en promedio de los últimos 10 años, la superficie sembrada con trigo asciende a 80,000 ha. que equivale a más del 50% de los usuarios del distrito de riego. Cabe señalar que este dato de CNA, corresponde a 1985, cuando la demanda de agua urbana e industrial estaba en equilibrio con la disponibilidad; sin embargo, al paso de 30 años, con el crecimiento poblacional, y la ampliación de la servidumbre, que pasó de 500 mil habitantes, a casi cuatro millones en 2016, ha hecho que la superficie con Derecho de Riego, ascienda a 178,500 ha, es decir, 29,465 ha, han dejado de sembrarse en esta región, para cubrir la demanda de agua urbana e industrial. (Nota del autor de este trabajo). No obstante lo anterior, de acuerdo a su precio de venta en los diversos centros de acopio, el trigo representa al agricultor un ingreso económico muy reducido, considerando un rendimiento promedio para esta región de 6.3 ton/ha, (SAGARPA, 2014). De acuerdo al FIRA, (Fondo Instituido en Relación con la Agricultura), los costos de producción promedio por ha., para el ciclo 2015-2016, en el Valle de Mexicali, fueron de $23,147.00, en tanto que el precio por tonelada de trigo fue de $ 3,840.00 pesos. Con esto la utilidad por ha, asciende a $1,045.00 pesos, lo que es insuficiente. Por este motivo, se han implementado diversas estrategias, tratando con ellas de reducir los costos de producción, como son: reducir o eliminar labranza, reducir densidad de siembra, métodos de siembra, reducir fertilizantes y uso de herbicidas. Entre estas, la más factible es lo que se refiere al laboreo agrícola, ya que la preparación del suelo, en agricultura de conservación se reduce a tan solo formación de bordos.

En la agricultura, su implementación y desarrollo está basado en la rentabilidad económica, lo que de acuerdo a resultados obtenidos en el Valle de Mexicali, al agricultor promedio, no le queda otra alternativa que buscar la forma de reducir el costo del proceso productivo. Esta situación que ocurre en nuestro país, se debe a los aspectos siguientes: a) El gremio agrícola en general no está suficientemente organizado; b) Entre agricultores y en el propio gobierno, no se cuenta con una planificación detallada del proceso triguero; c) la superficie promedio de siembra por agricultor es muy pequeña; d) la mayor parte de las tierras en el Valle de Mexicali son rentadas; e) en el Valle de Mexicali, la calidad de las tierras presenta un margen muy amplio; f) la mayoría de los agricultores no cuentan con maquinaria; g) de acuerdo a los ingresos obtenidos, la superficie de siembra optima debe ser del orden de 220 ha por agricultor, lo que hace materialmente imposible adquirir un estatus económico decoroso. La única alternativa es reducir costo de producción. El incremento de eficiencia es el camino a seguir. Optimizar el uso de fertilizantes es práctica imprescindible. El nitrógeno se distribuye en cuatro aplicaciones (pre siembra, 1er riego de auxilio, 2º riego de auxilio y 3er riego de auxilio), dando un valor promedio de 70 kg/ha de nitrógeno. La mayoría de los productores de trigo no realizan análisis de suelos, por lo que desconocen cuanto fertilizante residual tienen. Cabe mencionar que, al menos para el Valle de Mexicali, no se ha establecido el requerimiento de nitrógeno en la primera etapa del desarrollo del cultivo. El ahorro puede ser hasta del 100% en pre siembra; además, disminuye el efecto nocivo al ambiente, al reducir la acumulación de CO_2. Este trabajo permitirá tener información sobre los aspectos siguientes: incremento de rentabilidad, al reducir costos de producción, hacer uso racional de insumos, reducir contaminación del ambiente, y mejorar

las condiciones físicas del suelo. Los objetivos del estudio son: a) obtener información sobre el desarrollo vegetativo del cultivo; b) realizar un análisis económico comparativo entre las recomendaciones tradicionales, contra el criterio de agricultura de conservación.

Materiales y Métodos.

El estudio se estableció en el Campo Experimental del Instituto de Ciencias Agrícolas del Ejido Nuevo León, Valle de Mexicali, sobre un suelo arcilloso, serie Holtville (USDA); Vertic Torrifluvent, que en los primeros 35 cm de profundidad presenta arcilla con 62 % de saturación, sobre capas alternas de arcilla limosa, pequeños lentes de limo y arena Migajonosa hasta los 200 cm. El pH es alcalino, (7.4), recibe influencia de la capa freática de periodicidad estacional, que varía de 0.0 cm hasta 1.5 m. El agua freática de esta zona, es originada por filtraciones de riegos agrícolas y agua proveniente de lagunas de evaporación del Campo Geotérmico Cerro Prieto. Para la siembra se utilizaron 200 kg/ha de semilla de la variedad Río Colorado. Para la siembra y fertilización se utilizó la sembradora Doblanenses, la cual ha sido adaptada para agricultura de conservación. El diseño experimental fue parcelas grandes con dos repeticiones. La parcela útil cosechó 1 m² en cada repetición. Los tratamientos evaluados fueron: R1 con dos riegos de auxilio, R2 con tres riegos de auxilio y R3 con cuatro riegos de auxilio. Como fuente de nitrógeno se utilizaron 200 kg de urea y 150 kg de Fosfato mono amónico, en igual cantidad para todos los tratamientos. Se tomaron muestras de suelo para determinar lo siguiente: textura de suelo, conductividad eléctrica, Potencial de Hidrógeno (pH), y Nitrógeno en forma de nitrato. La variable analizada fue rendimiento del grano en kg/ha. Este trabajo es quinta etapa de un estudio seriado de cultivo de trigo, que se desarrolla bajo el criterio de agricultura de conservación, la cual elimina el laboreo mecánico, y se deja los esquilmos de la cosecha.

Se realizaron visitas semanales para observar el desarrollo del cultivo. La lámina de riego se calculó para una profundidad de 90 cm, en base a las características físicas del suelo: Capacidad de Campo (CC), Punto de Marchitez Permanente (PMP) y Densidad Aparente (Dap). En el cuadro No. 1 se presentan las láminas de riego aplicadas a cada tratamiento. Los análisis físicos y químicos del suelo se realizaron en el laboratorio de Agua y Suelo del Instituto de Ciencias Agrícolas. Para determinar rendimiento en cada tratamiento, se cosechó en forma manual, en dos sitios de 1 m^2 cada uno. Con los datos se realizó el análisis estadístico correspondiente, utilizando el software SAS.

Resultados y Discusión.

La germinación se presentó de manera homogénea en todos los tratamientos. Debido a que el riego de germinación se llevó a efecto el mismo día para todos los tratamientos, el desarrollo vegetativo del cultivo durante los primeros 35 días presentó características homogéneas. El cambio más sensible entre tratamientos, a lo largo del ciclo vegetativo, fue el nivel de amacollamiento, presentando las variaciones siguientes: cuatro hijuelos para R1, siete hijuelos para R2 y R3. Antes de cosechar se tomaron muestras de altura de planta, variando de la manera siguiente: R1 con 76 cm; R2 con 81 cm, y R3 con 84 cm. Uno de los aspectos que más ha sido notable, es lo que se refiere a la aplicación del agua de riego y el tiempo de infiltración, que comparado con predios vecinos, el tiempo de infiltrado resultó ser menor. Debemos recordar que en términos de infiltración básica, existe una correlación directa entre el tipo de textura del suelo, el espacio poroso entre partículas y la velocidad de infiltración del agua, correspondiendo de cuatro a cinco días para suelos arcillosos, de tres días para suelos limosos, y hasta 16 horas en suelos arenosos. En el caso del experimento que analizamos el

tiempo de infiltrado fue de 62 y 67 horas; es decir, el movimiento del agua corresponde a un suelo de textura media. Esto no significa que se haya modificado la textura del suelo, sino la tasa de infiltración básica, que al ser un suelo arcilloso, debió haber sido de al menos 96 horas, que corresponde a cuatro días. Esta modificación en la velocidad de infiltración es atribuida principalmente a la presencia de un mayor volumen de raíces a una mayor profundidad del suelo, así como a la presencia de lombrices y microorganismos que incrementan el número de conductos por donde pasa el agua de riego. Esto pudo corroborarse mediante la observación hecha en los perfiles de suelo.

Cuadro No. 1. Láminas de riego (cm) aplicadas por tratamiento.

No. Riegos	R1	R2	R3
Siembra	14-00	14-00	14-00
1 Auxilio	12-00	12-00	12-00
2 Auxilio	12.00	12-00	12-00
3 Auxilio		12-21	12-00
4Auxilio			12-00
Totales	38	50	62

El cultivo de trigo es tolerante a la salinidad del suelo y puede establecerse en suelos con una conductividad eléctrica de 7.0 dS/m sin que se afecte el desarrollo del cultivo. Para el estudio realizado el suelo presentó una conductividad de 7.5 dS/m en todos los tratamientos.

Los resultados obtenidos en todos los tratamientos indican que son suelos básicos, característicos de esta zona agrícola.

Cuadro 2. Características textura, Conductividad Eléctrica y pH en los tres tratamientos.

TRATAMIENTO	**TEXTURA**	**C. E. (dS/m)**	**pH**
R1	Arcilloso	7.60	8.21
R2	Arcillo limoso	7.68	8.08
R3	Arcillo-Limoso	7.29	8.16

La comparación de medias fue determinada con la prueba de tukey ($\alpha \leq 0.05$). El rendimiento es el principal indicador de la respuesta del cultivo a las condiciones en las cuales se desarrolló el experimento, ya que permite medir el efecto de las variables en cada uno de los tratamientos evaluados con mayor objetividad, ya que es la manifestación evidente del grado asimilación de los nutrientes por el cultivo durante todo su ciclo. No obstante, otros indicadores, tales como el desarrollo vegetativo, la altura de planta, el peso de la espiga, también deben ser evaluadas como respuesta del cultivo. Se realizó un análisis de varianza para el diseño experimental establecido y no se obtuvo diferencia significativa entre tratamientos. Los resultados se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 3. Rendimiento en grano (ton ha-1).

Tratamiento	[1]Rendimiento (ton ha^{-1})
R3 Cuatro riegos auxilio	4.75 a
R2 Tres riegos auxilio	3.95 a
R1 Dos riegos auxilio	3.31 a

1. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey 0.05.

El análisis de varianza indica que no hubo diferencias entre los tratamientos. Cabe señalar que los rendimientos obtenidos fueron muy bajos, comparativamente con el rendimiento promedio obtenido a nivel Distrito de Riego. El análisis estadístico de los resultados indica que sería lo mismo aplicar tan solo dos riegos de auxilio, que aplicar cuatro riegos.

Conclusiones.

En base a los resultados obtenidos en este trabajo, es posible emitir los comentarios siguientes:

- Al evaluar el comportamiento del desarrollo vegetativo del cultivo, bajo el criterio de agricultura de conservación, contra el método tradicional, no se encontró diferencias significativas en ninguna de las etapas fenológicas del cultivo bajo estudio.
- El ahorro obtenido con la eliminación de labranza, más los ahorros por concepto de pago de agua y pago de regador, equivalen a obtener adicionalmente 1.1 toneladas de trigo/ha.
- La presencia de residuos de cosechas anteriores sobre el suelo propició un incremento en la población de lombrices y microorganismos, lo que incrementó mejores condiciones de humedad para el cultivo, en esta quinta fase del estudio.
- La presencia de lombrices y microorganismos propicia un mejoramiento de las condiciones físicas y químicas del suelo, incrementando el volumen y profundidad de las raíces, propiciando un mayor efecto de lavado de sales, a capas inferiores.
- El menor efecto de capilaridad registrado, hizo que el ascenso de sales de la capa freática fuera menor que en lotes vecinos.
- Uno de los aspectos negativos de esta metodología es que a partir del cuarto año, la población de maleza se incrementa significativamente, haciendo que los rendimientos obtenidos se reduzcan considerablemente.

Referencias.

Aguilar, S. A. 1987. Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Publicación No. 1, Ed. Atchevers, Castellanos, Aguilar; México.

Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Personal del Laboratorio de salinidad de los E.U.A./1ra. Edición, 1962, México, 1985.

Escoboza G.F. 2006. Necesidades nutrimentales del cultivo de Trigo en el Valle de Mexicali, B.C. México. VII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja California.

G.W. Cook. 1978. Fertilizantes y sus usos. 7ma. impresión ed. C.E.C.S.A. México.

INPOFOS, 1997. Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Potash & Phosphate Institute.

J.F. Tah Ivit: coordinador. 1988. El análisis químico de suelos 1ra. Edición. Universidad Autónoma Chapingo.

Manuales para educación agropecuaria. 1987. Suelos y fertilización. Suelos y agua 34. Sep: Trillas, 1ra edición 1981, México.

Ortega Torres, Enrique. 1981. Química de Suelos. Enrique Ortega T. 1ra. Edición. México: Universidad Autónoma de Chapingo.

Villanueva, Bonifacio. 1986. Edafología. Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Suelos, Chapingo, México.

Soil and Plant Analysis Council Inc. 1999. Soil analysis handbook of reference methods. CRC Press.

United States Soil Conservation Service. 1973. Investigación de suelos: Métodos de laboratorio y procedimientos/1ra. Edición en español, Ed. Trillas, México, 1976.

Warren Forsythe. Manual de laboratorio de física de suelos. 1974. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Turrialba, Costa Rica, Junio 1975.

RESPUESTA DEL CULTIVO DE ÁSTER A LA APLICACIÓN DE DIVERSAS FUENTES NUTRIMENTALES

Rosas-Villar, A.[2*]; Granados-Mayorga, A.K.[2]; Fuentes-Cadena, O.E.[2]; Mercado-Mancera, G.[1]

[1]Departamento de Ciencias Agrícolas, FES-C, UNAM. Cuautitlán Izcalli, México.
[2]Licenciatura de Ingeniería Agrícola, FES-C, UNAM. Cuautitlán Izcalli, México.

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

Resumen

En el municipio de Tepeaca, Puebla, se producen un sinnúmero de especies ornamentales, entre ellos la flor de Áster, sin embargo, esta zona presenta suelos con baja fertilidad, por lo que es importante mejorar su sistema de producción a través del manejo de la nutrición. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta del cultivo de áster, a la aplicación de diversas fuentes nutrimentales, en la comunidad de Candelaria Purificación, Tepeaca, Pue. Los parámetros evaluados fueron: de índole fenológico (fases y duración de las etapas fenológicas del cultivo), altura de planta; características de la flor al corte (número de flores por planta, el diámetro del tallo, el tamaño de inflorescencia, número de tallos por planta), y el rendimiento. El diseño experimental fue completamente al azar, con cuatro tratamientos (composta, fertilizante químico, lixiviado de lombricomposta y testigo sin aplicación), con cuatro repeticiones. Las evaluaciones se realizaron durante el año de 2014, en dos ciclos de cultivo (febrero-mayo y junio-septiembre). El ciclo del cultivo fue de 60 días en el primer periodo y para el segundo ciclo fue de 45 días al corte. En la mayoría de las variables analizadas el tratamiento donde se aplicó lixiviado de lombricomposta fue el que reportó los mayores valores y características de la flor cortada. Asimismo, en el segundo ciclo se obtuvo el mayor rendimiento con 3.9 manojos por unidad experimental (20 m^2). El manejo orgánico del suelo y de los cultivos, representa beneficios ambientales de gran importancia, así como, económicos a los productores. La aplicación de abonos permite mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo, puesto que además de aportar nutrimentos a las plantas, mejoran los procesos de absorción de otros elementos presentes en él.

Palabras clave
Aster; abonos; calidad de flor

Introducción

El cultivo de flores en México es una actividad que representa actualmente el décimo séptimo lugar como país exportador a Estados Unidos y Canadá principalmente. En 2011 fue de 5 mil 646 millones de pesos, lo cual equivale al 82 % del valor total de la producción del frijol en el país, que es de 6 mil 890 millones de pesos. Su manejo se puede dar en dos sistemas: los de cielo abierto y bajo cubierta, estos últimos son manejados bajo sistemas intensivos en el uso de recursos, y se destinan para la producción de flor de corte para la exportación; mientras que los de cielo abierto se basan en sistemas más rústicos y la producción de plantas para el mercado nacional y/o local. La producción de flores y plantas de ornato ocupa más de 21 mil hectáreas en los estados de México, Puebla, Morelos, Michoacán, Jalisco, San Luis Potosí y Baja California, principalmente (Torres, 2014). Actualmente a nivel comercial existen más de 20 variedades de Áster que se explotan a gran escala en diferentes

partes del mundo (Weston, 2006). En el estado de Puebla no es muy significativa la producción de esta flor, sin embargo, la comunidad de Candelaria Purificación, en el municipio de Tepeaca, se produce bajo condiciones mínimas de manejo, por lo que la calidad del producto final es baja (SIAP, 2013). El manejo a cielo abierto está sujeto a la disponibilidad climática y a la calidad del suelo de la zona de producción, por lo cual son dos variables que influyen de manera importante en la calidad de los productos obtenidos. En la zona del municipio de Tepeaca, Puebla, se produce un sinnúmero de especies ornamentales bajo sistemas a cielo abierto, entre ellos la flor de Áster, la cual tiene gran aceptación en el mercado local y regional, por lo que es importante mejorar su sistema de producción a través del manejo de la nutrición, dado que en la zona de este municipio se presentan suelos con deficiencias nutrimentales, mal drenaje, y baja fertilidad. Asimismo, las condiciones climáticas son variables por lo que el rendimiento y calidad de la flor se ve mermada. Preciado *et al.* (2014) mencionaron que con el uso de lixiviados pueden obtenerse resultados similares a los obtenidos con una fertilización inorgánica convencional. El objetivo del presente estudio fue el de evaluar la respuesta del cultivo de áster (*Aster squamatus* (Spreng.) Hieron, a la aplicación de diversas fuentes nutrimentales, en Tepeaca, Puebla.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en la Comunidad de Candelaria Purificación, Municipio de Tepeaca, Puebla, durante el año de 2014; la cual se encuentra ubicada a 2,161 msnm. El clima corresponde a un Templado Subhúmedo (Cw_2), con lluvias de verano; la temperatura media anual es de 15.5 ºC y la precipitación media anual de 600 mm (SEDESOL, 2013). Los suelos son de tipo Cambisol, que es el suelo predominante; presenta fase dúrica Tepetate a menos de 50 centímetros de profundidad; y los Feozem que se identifican por su color oscuro y mayor contenido de arcilla, y se encuentran en las partes bajas de la localidad. La parcela fue de 16 unidades experimentales (UE) de 20 m^2 cada una, con cuatro surcos de 5 m de largo; donde se distribuyeron en un diseño completamente al azar los cuatro tratamientos, con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron: Tratamiento 1: Testigo sin aplicación. Tratamiento 2: Composta a razón de 7.5 kg $surco^{-1}$. Tratamiento 3: Aplicación de Lixiviado de lombricomposta, a dosis de 3 l UE^{-1}; y Tratamiento 4: Fertilizante químico comercial (NOVATEC N-Max (24-5-5)) a dosis de 1 kg UE^{-1}, en dos aplicaciones a diferente fecha. Las variables evaluadas fueron: a) Componente fenológico: se realizaron mediciones de altura de planta cada 15 días, asimismo, la duración de las etapas fenológicas del cultivo de Áster. b) Componentes de rendimiento: se cuantificó el diámetro del tallo (cm) cada 15 días a partir del trasplante; el tamaño de inflorescencia (cm) cada 15 días una vez que aparecieron los botones florales en la planta; el rendimiento final (número de manojos). Al momento de realizar los cortes se determinó el número de flores y el número de tallos por planta. Asimismo, se registraron los valores de temperatura media y precipitación ocurrida durante el periodo de estudio. Se realizó el análisis de varianza y la prueba de separación de medias por el método de Tukey, a una significancia del 0.05.

Resultados y Discusión

Se registraron las condiciones ambientales durante desarrollo del cultivo en campo. En la Figura 1 se presentan las tendencias de la temperatura ambiental y de la precipitación. Las temperaturas en el mes de mayo fueron las más altas registradas en todo el año mientras que en el mes de diciembre fueron las más bajas. Se observó durante los meses de septiembre y octubre del 2014, una disminución de la temperatura media causado por el incremento de la nubosidad y la presencia de la lluvia en la zona de estudio. La temperatura media anual registrada durante el tiempo de estudio fue de 21.8°C. El total anual de precipitación en el área de estudio fue de 631 mm, los cuales se concentraron en la época de

verano. De febrero a mayo el cultivo fue bajo condiciones de riego; .posteriormente, el ciclo se manejó bajo condiciones de temporal.

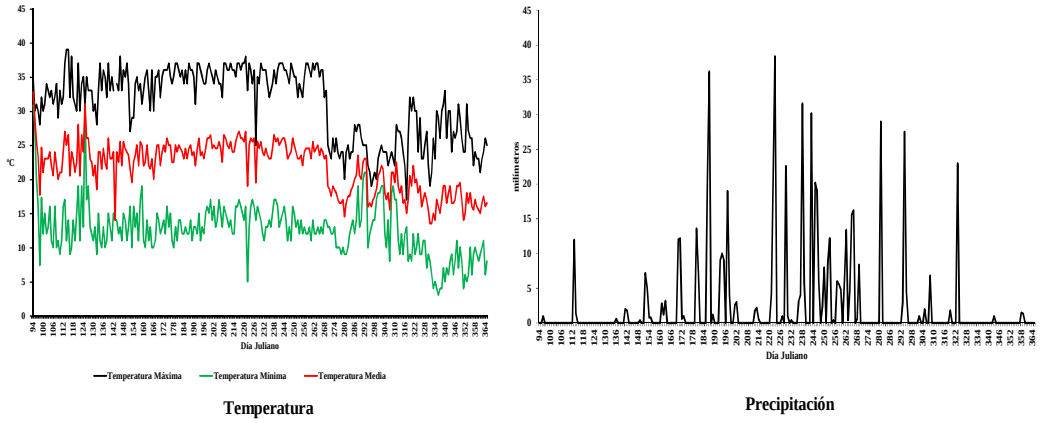


Figura 1. Tendencia de la temperatura media mensual y precipitación acumulada, 2014. Candelaria Purificación. Tepeaca, Puebla.

a) Componente fenológico: No existió diferencia estadística significativa en la altura de planta entre los tratamientos con respecto al testigo. La altura final de las plantas por tratamiento fue durante el primer ciclo de 55, 58, 61 y 62 cm, respectivamente. En el segundo ciclo fueron de 47, 49, 53 y 46 cm, respectivamente.

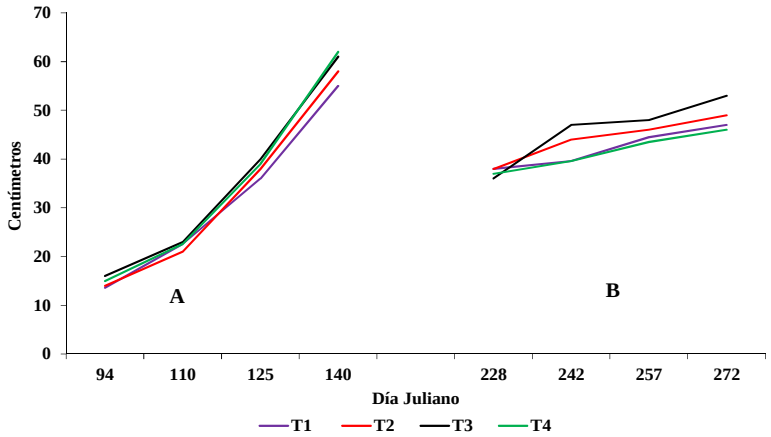


Figura 2. Altura de la planta de Áster. A) primer corte. B) segundo corte. Candelaria Purificación. Tepeaca, Puebla.

b) Componentes de rendimiento: Los tratamientos evaluados no mostraron diferencias significativas para el diámetro de tallo. El tratamiento con lixiviado, fue el que mostró un mayor diámetro con respecto a los demás tratamientos (Figura 3). El valor final promedio por tratamiento fue de 0.34, 0.31, 0.35, 0.34 cm, respectivamente, para el primer corte; mientras que en el segundo corte fueron de 0.30, 0.30, 0.33 y 0.32 cm, respectivamente. En relación al tamaño de la inflorescencia, tampoco existió diferencia estadística significativa entre los tratamientos. El tratamiento que obtuvo el mayor tamaño durante el primer corte fue el de composta de 2.7 cm seguido del testigo y del agroquímico; en el segundo corte volvió a tener mayor tamaño la inflorescencia en el tratamiento con la composta,

al obtener una apertura de floración de 2.4 cm. En el segundo corte se observó un cambio notorio de la calidad de la planta ya que influyeron los cambios de temperatura y precipitación.

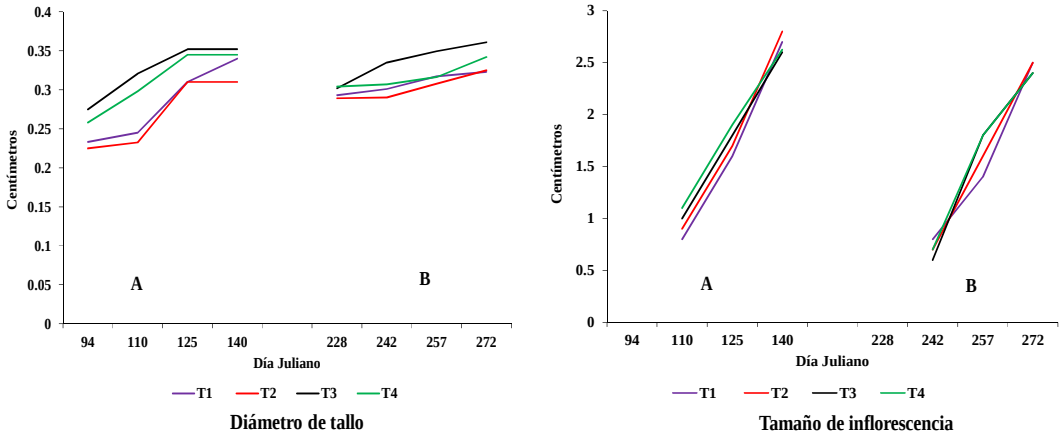


Figura 3. Componente fenológico de Áster. A) primer corte. B) segundo corte. Candelaria Purificación. Tepeaca, Puebla.

El rendimiento obtenido no mostró diferencia estadística significativa, el tratamiento de lixiviado mostró en general un mayor número de manojos por unidad experimental (Figura 4), lo que muestra que seguir con este tratamiento le producirá mayores ganancias económicas al productor. El tratamiento con lixiviados aumentó la calidad de la flor, esto presentó ventajas porque en el mercado se demandan más botones y de mayor tamaño. En el segundo corte se obtuvo mayor número de flores y asimismo una mejor calidad de flores con respecto a las obtenidas en el primer corte.

El tratamiento que desarrolló más número de tallos en la planta de Áster fue el de agroquímico (Figura 4). Sin embargo, el grosor del tallo y el tamaño de la flor fue mayor con la aplicación de lixiviados, lo cual permitió obtener un producto comercial de mayor calidad que compite con la calidad de la flor que en el mercado se exige. El número de tallos fue mayor en el primero que en el segundo ciclo, esto se pudo deber a que el segundo ciclo fue más corto el desarrollo del cultivo, lo que disminuyó el crecimiento y desarrollo de las plantas.

La temperatura ambiental también jugó un papel fundamental en este comportamiento de las plantas para el segundo ciclo, porque es la temporada de lluvias, existe mayor nubosidad, mayor duración del día, y por lo tanto, las plantas llegaron a la floración de forma anticipada como una forma de mantener su progenie.

Por lo tanto, la aplicación de cualquier fuente nutrimental al cultivo de Áster representó una mayor producción con respecto al tratamiento testigo, donde no se aplicó ninguna fuente nutrimental, esto como respuesta a la baja fertilidad de los suelos de la zona de estudio. Además la aplicación de lixiviados de lombricomposta permitió obtener mejor calidad y rendimiento del cultivo de Áster, bajo las condiciones edafoclimáticas presentes en la comunidad de Candelaria Purificación, durante los dos ciclos de observaciones y cultivo en campo.

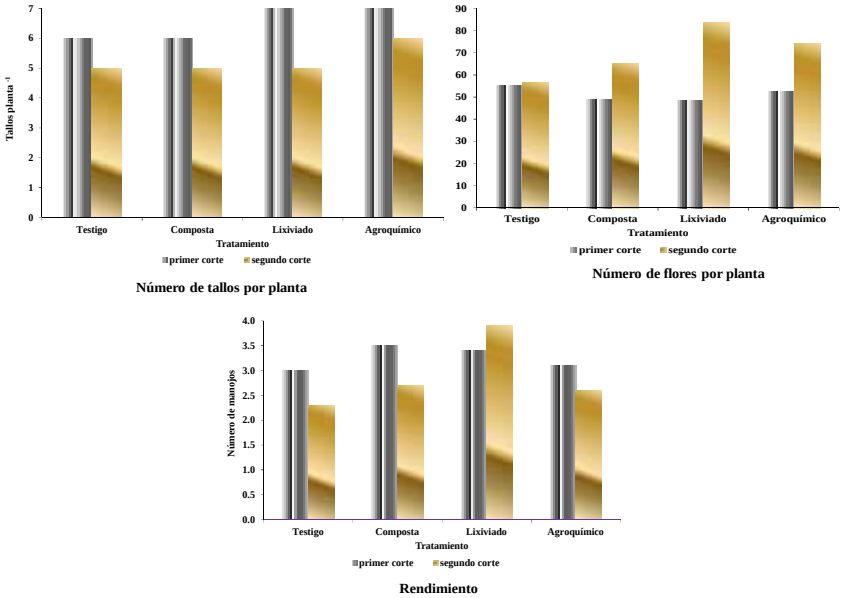


Figura 3. Número de flores y tallos por planta, y rendimiento de Áster. Candelaria Purificación. Tepeaca, Puebla.

Conclusiones

Quedó evidenciado el impacto positivo de la aplicación de composta y lixiviados en el rendimiento del cultivo de Áster, puesto que mantuvo y mejoró la calidad de la flor. El lixiviado como fuente nutrimental es económico en comparación de los agroquímicos, ya que este además de su elevado costo, no incorpora nutrimentos al suelo que favorezcan los procesos biogeoquímicos que en él se presentan.

El manejo orgánico del suelo y de los cultivos, cualesquiera que sean estos, representa beneficios ambientales de gran importancia, así como, económicos a los productores, puesto que permite mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo, se aportan nutrimentos a las plantas, y se mejoran los procesos de absorción de otros elementos presentes en él.

Agradecimientos

Se agradece a los productores de la comunidad de Candelaria Purificación por el apoyo recibido para el desarrollo de este trabajo.

Bibliografía

Preciado, R.P., García H.J.L., Segura, C.M.A., Salas, P.M.A., Ayala, G.A.V., Esparza, R.J.R, Troyo, D.E. 2014. Efecto del lixiviado de vermicomposta en la producción hidropónica de maíz forrajero. Terra Latinoamericana, 32(4): 333-338.

SIAP. 2013. Cierre de la producción agrícola por cultivo En: http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/. Fecha de consulta el 10 de noviembre de 2014.

Torres, L.R. 2014. Floricultura mexicana: Gran industria en el anonimato En: http://tierrafertil.com.mx/floricultura-mexicana-gran-industria-en-el-anonimato/. Fecha de consulta 13 de diciembre de 2014.

Weston, M.R.B. 2006. Elaboración de manuales técnicos productivos para la certificación eurepgap en la empresa Florexpo S.A. En: http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/dpg/53-06.pdf. Fecha de consulta el 11 de noviembre del 2014.

LA SIMULACIÓN MEDIANTE FACTORES CLIMÁTICOS Y EDÁFICOS EN LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) EN EL OCCIDENTE DE MÉXICO 2010-2020, CASO: VALLE DE EL GRULLO-AUTLÁN, COSTA SUR DE JALISCO

Sandoval-Legazpi, J. de J.[1*]; Figueroa-Rangel, B. L[1].; Velázquez-Núñez J. J.[1]; Arellano-Panduro A. de J.[1]; Aguirre-García A.[1]

[1] Centro Universitario de la Costa Sur. Universidad de Guadalajara. Autlán de Navarro, Jalisco México

*Autor responsable: M. E. José de Jesús Sandoval Legazpi. Calle: Av. Independencia Nacional No. 151. Colonia Centro. Autlán de Navarro, Jalisco México. C.P. 48900. Tel. 01 (317) 38 25010 (Ext. 57165). Cel. 3314322186.

Resumen

Los modelos como herramientas de simulación constituyen un medio para entender y explicar lo complejo que puede ser determinado sistema, ya que los modelos se consideran como elementos disponibles y necesarios para el entendimiento de hipótesis que involucran una serie de procesos dentro de estos sistemas. Un modelo permite generar situaciones reales y complejas con base a sistemas de simulación que admitan tomar decisiones de cualquier índole. Este trabajo presenta con apoyo del software VENSIM escenarios propicios para la producción de caña de azúcar en el valle de El Grullo-Autlán, así como la validación del mismo con apoyo del software SPSS (versión 15.0). Los resultados muestran como el factor suelo y precipitación repercutirán directamente y a futuro en la producción de caña por hectárea en el valle de El Grullo-Autlán. No así la temperatura, la cual según el historial de lluvias de los últimos 14 años para esta región, no presenta injerencia alguna hasta el momento. La producción ton/ha para el periodo 2010-2020 reflejara un aumento estimado de entre 3 y 8 ton/ha. Según estos factores. Pero también se observa que de existir excedentes o en el factor lluvia y pérdidas en materia orgánica, la producción tenderá a disminuir.

Palabras clave:

Simulación, caña de azúcar, precipitación, temperatura, materia orgánica.

Introducción:

La simulación es una forma efectiva para estudiar los comportamientos dados en una cadena de suministro, así como un camino práctico para entender cómo funciona un sistema complejo, donde participan diferentes actores caracterizados por variables interrelacionadas, las cuales establecerán un comportamiento base de acuerdo a los factores utilizados (Liu, et al., 2004). Por otra parte se señala que la base de un modelo construido a partir de la dinámica de sistema es una hipotética explicación básica, pero completa, de un sistema real, el cual es capaz de reproducir los comportamientos de entradas y salidas de datos (García, 2011; Keenan, 2010; Robinson, 2006, citado éste último por Vergara, 2008). Para éste caso de estudio se presentan una serie de factores tanto económicos, sociales y técnicos, los cuales infieren directamente en la producción de la caña de azúcar. Factores económicos a nivel mundial como lo es la oferta y demanda, pero teniendo como principal opositor la variación climática (precipitación), que afectan directamente a otra variable como es el suelo, en

donde los valores de textura, pH y materia orgánica rigen en gran medida la fertilidad del mismo. Este trabajo muestra escenarios propicios para la producción de caña de azúcar para el periodo 2010-2020, con apoyo del software VENSIM, utilizando las variables de clima (precipitación y temperatura) y suelo (textura, pH y materia orgánica), y su relación con la producción de caña de azúcar (ton/ha). Asimismo se presenta la validación del modelo mediante el software SPSS (versión 15.0).

Materiales y Métodos

El valle de El grullo-Autlán se ubica en los municipios de El Grullo y Autlán (19°35' a 19°54 de latitud Norte y 104°07' a 104°29' de longitud Oeste (INEGI, 2000) (*Figura 1*). El clima es principalmente semiseco con precipitaciones medias de 900 mm al año y temperaturas medias de 24°C y máximas de más de 32°C (SEI-JAL, 2000). Los suelos son del tipo Feozem haplico, Fluviosol eutrico, Vertisol pélico y Regosoles en las partes altas y pie de monte (SPP, 1981).

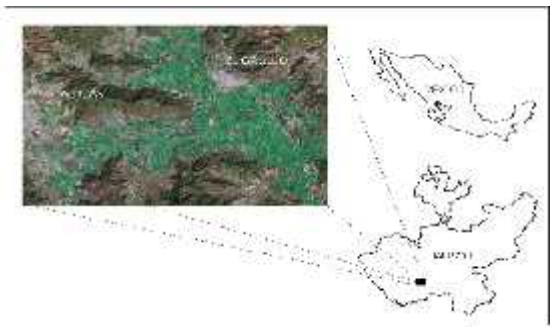


Figura 1. Ubicación del valle El Grullo-Autlán (Costa Sur de Jalisco). Fuente: Google Earth, 2014

Se utilizaron datos promedio georreferenciados de textura, materia orgánica, y pH del proyecto de suelos, así como información de producción de caña de azúcar (ton/ha), generada por el Ingenio Melchor Ocampo (IMO), y de precipitación (mm) y temperatura de 14 años (2001-2014) de la estación climatológica de El Chante (la más completa), con los cuales se alimentó el software VENSIM (Figura 2). La importancia de éstas tres variable es ampliamente reconocida, así lo señalan varios autores (Acevedo et-al., 2010; Ferreras, et-al., 2007 Lesur, 2006; Castellanos et-al, 2000 y Ortíz y Ortíz, 1990), quienes mencionan que éstas variables inciden de manera potencial en la fertilidad de los suelos y son factores de gran riqueza nutrimental en las parcelas.

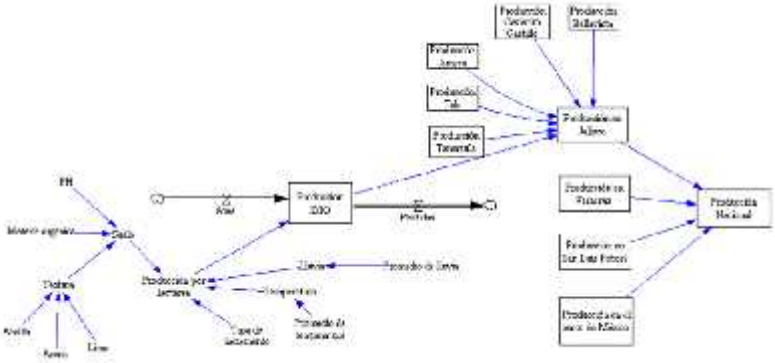


Figura 2. Software y desplegado de variables utilizadas para la generación de escenarios en la producción de caña de azúcar (ton/ha.) en el valle de El Grullo-Autlán.

La información de datos para la alimentación del modelo, se dio bajo el siguiente contexto: La producción nacional y regional de la caña de azúcar es *variable* y depende de las necesidades (*demanda*) de la población y el *stock* presente en las bodegas de almacenamiento, lo que generará la *oferta* hacia la población. A nivel nacional y local, en lo que respecta a el valle de El Grullo-Autlán la producción depende de las pautas que señalan las necesidades nacionales con base a un *estimativo* para cada ingenio cañero y donde el tope de producción lo pone precisamente esa necesidad nacional, con lo que con base a esto se determina el número de hectáreas a sembrar con un estimativo promedio de producción de caña de azúcar/hectárea/ingenio/año.

Con base a lo anterior se tomaron los siguientes valores reportados para el valle de El Grullo-Autlán (hasta 2011). La producción mundial de caña de azúcar fue de *160,948 ton/año* (stock mundial). La producción nacional de caña de azúcar fue de *4,652 ton/año* (stock nacional). La producción para el valle de El Grullo-Autlán fue de: *94.21 ton/ha (zafra 2010-2011).* Exportada: *690 ton/año.* Importada: *900 ton/año.* Caña de azúcar disponible para México: Producción total menos la cantidad exportada más la cantidad importada: *4,862 ton / año.* Producción de caña de azúcar para Veracruz: *2,052 ton/año.* Producción de caña de azúcar para Jalisco: *573 ton/año.* Producción de caña de azúcar para San Luis Potosí: *378 ton/año.* Producción de caña de azúcar para el resto de los demás estados: *2,376 ton/año.* Precipitación promedio*: 800 mm/año.* Temperatura promedio: *28 ^{o}C.* Textura promedio: *Franca arenosa*. PH promedio: *6-7.* Materia orgánica promedio: *1%.* En cuanto a los datos, se utilizaron los valores de producción de los últimos 14 años tomados de la página WEB de la Unión Nacional de Cañeros, A.C. CNPR, así como datos de precipitación y temperatura proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2014)), generados en la Estación Climatológica de "El Chante". Localidad de El Municipio de Autlán de Navarro (los más completos que se tenían de este valle).

Resultados y Discusión

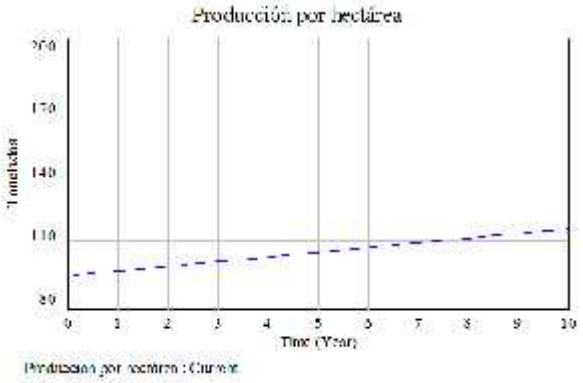
Software VENSIM:

1) Variable suelo: Considerando las anteriores variables promedio como lo fue la textura, el pH, la materia orgánica y la precipitación (lluvia), se tiene que tomando un "look up" cuyo valor es uno (1), como un dato promedio base para el cultivo de la caña de azúcar, las variables edáficas serán constantes.

2) Variable precipitación (mm). Para ésta variable el comportamiento fue similar al suelo. Esto es que mientras el *"look up"* se mantenga en 1, también estas variables serán constantes.

3) Variable temperatura (^{o}C). Para el caso de la temperatura el comportamiento fue similar que la variable suelo y precipitación, aunque aparentemente ésta variable no tuvo mucha injerencia en la producción de caña de azúcar por hectárea.

4) Producción ton/ha. En el valle de El Grullo-Autlán. Aunado a lo anterior y como parte de los valores actuales de producción de caña de azúcar en ton/ha se tiene que con valores hasta el 2013 y con una producción promedio de caña de azúcar de 94 ton/ha. Valores promedio de suelo en cuanto a textura *franco arenosa*, pH de *6.5* y materia orgánica del *1%,* la proyección a 10 años (2010-2020), la simulación sería la siguiente (Gráfica 1).

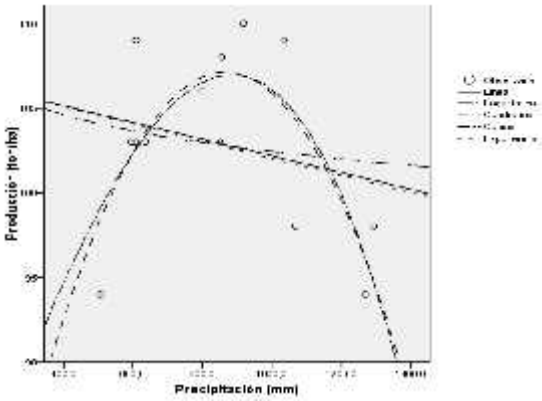


Gráfica 1. Proyección de la producción toneladas por hectárea de la caña de azúcar (ton/ha) en el valle de El Grullo-Autlán para el periodo 2010-2020

En la gráfica 1 se puede observar la tendencia a un aumento gradual de un aproximado de 2 toneladas por año, esto es, poco más de veinte toneladas por hectárea más de producción de caña de azúcar para el año 2020 (producción promedio para este periodo de 10 años, la cual pudiera ligeras variaciones), si los valores de suelo (textura, pH y materia orgánica) y clima (precipitación y temperatura), se mantienen o ligeramente se mejoran, como en el caso de la materia orgánica con la adición de abonos orgánicos.

Validación del modelo del software VENSIM por medio de análisis de regresión con el software SPSS (versión 15). Se aplicaron modelos de regresión simple por medio del *software SPSS (versión 15),* para determinar el grado de dependencia entre las variables Producción (ton/ha), en relación con la temperatura (^{0}C) y la precipitación (mm). Cabe señalar que no se hizo con el factor suelo, al no contar con datos de producción completos. A continuación se presentan los resultados de dichos modelos:

1) Producción de caña de azúcar (ton/ha) y su relación con la precipitación (mm). En lo que respecta a la producción de caña de azúcar y su dependencia con la precipitación se aplicaron los siguientes modelos de regresión curvilínea: *lineal, logarítmica, cuadrático, cúbico y exponencial* (Grafica 5). En este caso el modelo cuadrático y el cúbico fueron estadísticamente significativos (Tabla 1).



Gráfica 5. Análisis de Regresión curvilínea para la producción de caña de azúcar y su relación con la precipitación, mediante los modelos lineal, logarítmica, cuadrática, cubico y exponencial

2) Producción de caña de azúcar (ton/ha) y su relación con la temperatura (^{0}C). Se estimó la producción de caña y su relación con la temperatura mediante una Regresión curvilínea" con los siguientes modelos: *lineal, logarítmica, cuadrático, cúbico y exponencial*. Para todos los casos **no** se encontró un modelo de regresión significativo; es decir no existe dependencia entre la producción de caña de azúcar y la temperatura (Tabla 2).

Tabla 1. Resumen del modelo y estimación de los parámetros. Variable Precipitación (mm)

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de los parámetros			
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	0,053	0,618	1	11	0,448	107,106	-0,005		
Logarítmica	0,017	0,194	1	11	0,668	118,941	-2,390		
Cuadrática	0,566	6,511	2	10	**0,015**	56,694	0,117	-6,73E-005	
Cúbica	0,541	5,889	2	10	**0,020**	73,644	0,056	0,000	-2,40E-008
Exponencial	0,055	0,642	1	11	0,440	107,175	-4,92E-005		

Variable dependiente: PRODUCCION PROMEDIO
La variable independiente es Pp

Tabla 2. Resumen del modelo y estimación de los parámetros. Variable Temperatura (ºC).

Ecuación	Resumen del modelo					Estimaciones de los parámetros			
	R cuadrado	F	gl1	gl2	Sig.	Constante	b1	b2	b3
Lineal	0,068	0,807	1	11	**0,388**	44,910	2,641		
Logarítmica	0,067	0,793	1	11	**0,392**	-74,794	57,526		
Cuadrático	0,090	0,492	2	10	**0,625**	1146,787	-97,684	2,282	
Cúbico	0,090	0,493	2	10	**0,625**	434,269	0,000	-2,180	0,068
Exponencial	0,066	0,781	1	11	**0,396**	58,632	0,026		

Variable dependiente: PRODUCCIÓN PROMEDIO
La variable independiente es Temp.

Conclusiones

El comportamiento del suelo será constante para el periodo 2010-2020. Estos es mientras se mantengan las condiciones actuales de las tierras, la producción (ton/ha) se mantendrá con ligeras bajas o elevaciones. Asimismo cuando los rangos de precipitación se vean alterados, la producción también se verá afectada, generando con ello una disminución de la misma. Respecto a la temperatura, esta no presentó a lo menos para éste periodo una injerencia muy marcada. Asimismo y en cuanto a la producción (ton/ha) promedio de la caña de azúcar, se observó con la simulación un ligero aumento de la producción del orden aproximado de las 2 toneladas por año, esto es, poco más de veinte toneladas por hectárea más de producción de caña de azúcar para el periodo 2010-2020.

En cuanto a la simulación con el software SPSS, se encontró que al estimar la producción de caña y su relación con la precipitación y la temperatura mediante una Regresión curvilínea" y con los modelos: *lineal, logarítmica, cuadrático, cúbico y exponencial,* coadyuva directamente en la *precipitación,* se observó que para todos los modelos de regresión aplicados, solo el modelo cúbico y cuadrático fueron estadísticamente significativos ($p < 0.05$) para la precipitación, probando con ello que si existe dependencia cúbica y cuadrática entre la producción y esta variable climática. Para el caso de la *temperatura* todos los modelos de regresión fueron mayores a 0.05 con lo cual se demuestra con una confianza del 95% que *no* existe dependencia entre la producción de caña de azúcar y la temperatura.

Referencias

Acevedo Sandoval O; Valera Pérez, MA; Prieto García, F. 2010. *Propiedades físicas, químicas y mineralogía de suelos forestales en Acaxochitlan, Hidalgo, México*. Universidad y ciencia 2010. Villahermosa, agosto 2010

Castellanos. J.Z.: Uvalle. B. J.X: Aguilar S.A. (2000). *Manual de interpretación de análisis de suelos, aguas agrícolas, plantas y ECP*. Segunda edición abril 2000. INCAPA. Guanajuato, México.

CONAGUA. 2014. *Precipitación promedio (mm) en el valle de El Grullo-Autlán*. Estación "El Chante". Información de 14 años (2001-2014). Comisión Nacional del Agua.

Ferreras, L.; G. Magra; P. Besson; E. Kovalevski; F. Garcías. 2007. *Indicadores de calidad física en suelos de la Región Pampeana Norte de Argentina bajo siembra directa*. *Ciencia del suelo* [online]. 2007, vol.25, n.2, pp. 159-172. ISSN 1850-2067.

García, J. M. 2011. *Teoría y ejercicios prácticos de Dinámica de Sistemas*. Tercera Edición. Madrid, España. 2011. ISBN 84-607-9304-4.

INEGI. 2000. *XII Censo de población y vivienda*. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes Ags. Página WEB: http://www.inegi.gob.mx

Keenan C.; Mc Roberts. 2010. *Rural development challenges: system dynamics ex ante decision support for agricultural initiatives in southern Mexico*. A Thesis. Presented to the Faculty of the Graduate School of Cornell University in Partial Fulfilment of the Requirements for the Degree of Master of Professional Studies International Agriculture and Rural Development

Lesur, L. 2006. *Manual de fertilización y productividad del suelo agrícola:* una guía paso a paso. México: editorial Trillas. 2006.

Liu, J., Wang, W., Chai, y., & Liu, Y. 2004. *Easy-SC: A Supply Chain Simulation Tool.* Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference. New York: IEEE.

Ortiz V., B. y C. A., Ortiz S. 1990. *Edafología*. 7ª Edición. Editora V. A. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, Estado de México.

SEI-JAL. 2000. *Sistema Estatal de Información Jalisco, en base a datos proporcionados por INEGI. Jalisco*. Resultados Definitivos, Datos por Localidad (Integración Territorial, X1 Censo General de Población y Vivienda, 1990. CGSNEGI.

SPP. 1981. *Síntesis de Información Geográfica de Jalisco*. Secretaría de Programación y Presupuesto.

SPSS. (Software. Version 15,).

USDA. 2011. *Word production, supply, and distribution, centrifugal sugar (table 1).* Sugar and Sweetener Yearbook, 2011. United States of America Department Agricultural.

UNC. 2011). *México en el mundo*. Unión Nacional de Cañeros, A. C.-CNPR. En http://www.caneros.org.mx/principal.html#.

EVALUACION DEL LABOREO Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN MAÍZ DE RIEGO USANDO EL MODELO EPIC.

Serna-Pérez, A. [1*]; Sánchez-Gutiérrez, R.A.[1]; Servín-Palestina, M.[1], Zegbe-Dominguez, J.A.[1]

[1]INIFAP-Campo Experimental Zacatecas. Calera, Zacatecas, México.

*Autor responsable: serna.alfonso@inifap.gob.mx; Apartado Postal Núm. 18, Col. Centro, Calera, Zacatecas. México. CP 98500; Tel. +52(55)-3871-8700 Extensión 82319

Resumen

Se usó el modelo EPIC para evaluar el efecto de la reducción de la labranza primaria y la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de maíz de grano y el contenido de Carbono orgánico del suelo. Los tratamientos de labranza evaluados fueron laboreo convencional y vertical. Los niveles de fertilización nitrogenada fueron 130, 180, 230, 280 y 330 kg de N por hectárea. La reducción de tres pasos de maquinaria en la labranza convencional a uno solo, en donde simultáneamente se subsolea y mulle el suelo evitando voltearlo (labranza vertical), incremento el rendimiento de grano de maíz y el porcentaje de carbono orgánico del suelo. Por otro lado, la aplicación de una dosis de fertilización mayor a la recomendada podría incrementar significativamente el rendimiento de maíz de alta productividad y el contenido de carbono orgánico del suelo.

Palabras clave
Modelo de simulación, reducción de la labranza, materia orgánica del suelo.

Introducción

Una de las mayores fuentes de estrés y disturbio al medio ambiente es la agricultura, debido al paso de la maquinaria, la labranza, la aplicación de agua de riego, fertilizantes y pesticidas y del monocultivo. Todo esto puede tener un efecto negativo sobre la habilidad del suelo para sustentar la producción de cultivos. Sin embargo, para poder documentar el efecto del manejo del suelo es necesario realizar estudios a largo plazo los cuales con frecuencia no son soportados económicamente por las fuentes financieras dedicadas a la investigación científica. Los modelos de simulación como el EPIC (Environmental Policy Integrated Climate) se han usado para modelar los efectos de la erosión del suelo sobre la productividad de los cultivos, predecir las consecuencias del manejo sobre el suelo, y los movimientos de agua, nutrientes y pesticidas, así como estimar la dinámica, distribución e intercambio del C y N en el suelo a largo plazo (Sharpley y Williams, 1990; He *et al*., 2006). Por lo que el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la reducción de la labranza primaria y la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de maíz de grano y el carbono orgánico del suelo mediante el uso del modelo EPIC.

Materiales y Métodos

La información climatológica y de cultivo para la calibración del modelo se tomó de la estación automatizada del Campo Experimental Zacatecas del INIFAP, y de un ensayo experimental. El

registro de clima es a nivel diario desde el 1 de abril de 2002 al 31 de diciembre de 2015. Incluye temperaturas máxima y mínima (Tmax y Tmin; º Centigrados), precipitación pluvial (PP; mm), humedad relativa del aire (HR; %), velocidad media del viento (VV; $mseg^{-1}$) y dirección. El CEZAC se localiza a 22º 54' Latitud Norte, 102º 39' Longitud Oeste y 2,197 msnm. El suelo es Kastanozem (WRB, 2006) con textura franco arcilloso, pH ligeramente alcalino y sin problemas de sales o sodio. Temperatura media anual de 14.6 ºC y precipitación pluvial de 416 mm.

El archivo para la generación de las series de clima se construyó con información a nivel mensual de variables estadísticas y estocásticas, e información geográfica del sitio. La primera se obtuvo con el modelo WXPARM, también de EPIC, a partir del registro de la información climatológica. Después con WXGEN (Hayhoe y Stewart, 1996), se generó la radiación solar (RS; MJm^{-2}) y otros datos faltantes del registro climatológico. Esta base de datos se utilizó para la calibración del modelo. También se generó un segundo archivo de datos sintéticos de Tmax, Tmin, PP, HR y RS con una longitud de 100 años para usarlo en la simulación a largo plazo de los cambios en el manejo y fertilización.

La información de cultivo para la calibración del modelo se obtuvo de la evaluación de producción de grano de maíz H-311 en condiciones de riego durante 2011 y 2012. En donde la labranza primaria fue sustituida por la aplicación simultanea de un subsuelo de aproximadamente 45 cm de profundidad y un implemento rotatorio con cuchillas separadas a cada 30 cm acomodadas a través de su circunferencia y longitud que mulleron el suelo. Esta acción conjunta y simultánea conformó una forma de labranza vertical, que ha sido reportada por diversos autores (Reicosky, 1997; Franzluebbers *et al.*, 1999; Mahdi *et al.*, 2005). Las variables de suelo obtenidas para cinco estratos del perfil en conjunto con información de manejo, fechas de ejecución y magnitudes aplicadas fueron introducidas al modelo. La fertilización fue 280 kg de Nitrógeno (N) y 100 kg de Fosforo (P_2O_5), y se aplicaron mediante riego por gravedad en surcos 800 mm en 7 eventos. La lluvia ocurrió entre los meses de junio a septiembre. Los parámetros de cultivo se tomaron del modelo EPIC y de evaluaciones experimentales del INIFAP (Ruíz *et al*. (2013). El índice de cosecha se tomó directamente del ensayo experimental de maíz H311. Diversos autores recomiendan que el factor de conversión de biomasa a energía (WA; t ha^{-1} MJ^{-1} m^{-2}) y el índice de área foliar máximo potencial (DMLA; m^2 m^{-2}) sean ajustados para reducir diferencias entre valores observados y simulados (He *et al*., 2006; Causarano *et al*., 2007; Ko *et al.*, 2009; Abrahamson, 2009). Después de la calibración del modelo los valores ajustados de WA, TB, TG y DMLA fueron 39, 24.3, 9.4 y 4.1; respectivamente.

Con el modelo EPIC calibrado y el registro de datos climáticos sintéticos para 100 años se realizó una simulación. En donde, en un arreglo experimental de parcelas divididas se evaluó como parcela grande la labranza vertical, ya descrita, contra la labranza primaria convencional (arado de discos y dos pasos de rastra). Así como cinco niveles de fertilización nitrogenada (130, 180, 230, 280 y 330 kg de N por hectárea) como parcela chica. Además se aplicaron 100 kg de P_20_5 por hectárea. Las repeticiones fueron cada uno de los 100 años de simulación. De las variables predichas por el modelo EPIC se evaluó el rendimiento de grano de maíz (YLD; $t \cdot ha^{-1}$) y el contenido de carbono orgánico (ORG C: %). La información se analizó mediante el procedimiento GLM y los valores medios se compararon mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidad, utilizando el paquete estadístico SAS (2002).

Resultados y Discusión

Los rendimientos de maíz de grano simulados con EPIC, para labranza vertical y convencional en las cinco dosis de fertilización nitrogenada, se muestran en la figura 1 A y B, respectivamente. Desde el inicio de las series, el efecto del incremento en dosis de fertilizante se observa muy claramente en el rendimiento de grano, independientemente del tipo de labranza. La sustitución de la labranza convencional por vertical promovió un incremento estadísticamente significativo ($P \leq 0.05$) aunque ligero en el rendimiento (Cuadro 1). El cambio en el laboreo consistió en la reducción de la labranza primaria convencional mediante la aplicación simultanea del subsuelo (~ 45 cm) y mullido del suelo con implemento rotatorio con cuchillas de 30 cm. Como resultado se logra una cama de siembra con labranza profunda que elimina el piso de arado sin exponer las capas inferiores del suelo a la oxidación de la materia orgánica. El efecto combinado del subsoleo y mullido del suelo, en conjunto con la aplicación de agua de riego ha producido incrementos adicionales en el rendimiento de grano de maíz (Camp *et al*., 1984).

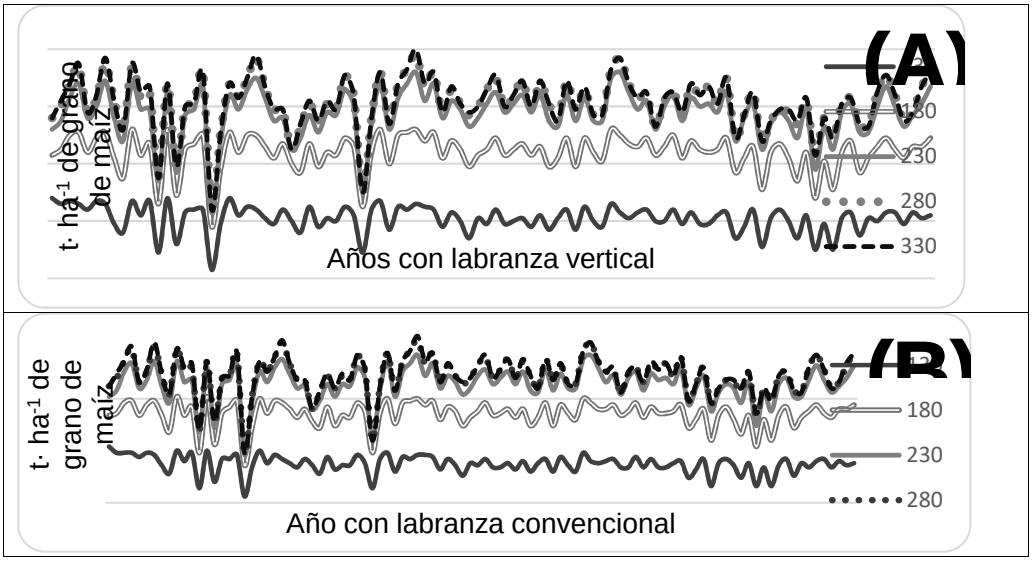


Figura 1. Rendimiento de grano de maíz en los 100 años de simulación EPIC a diferentes dosis de fertilización nitrogenada ($kg \cdot ha^{-1}$). (A) con labranza primaria vertical y (B) convencional.

La mayoría de las dosis de fertilización mostraron diferencias estadísticamente significativas ($P<0.05$), para rendimiento (Cuadro 1). Pero a partir de 280 $kg \cdot ha^{-1}$ de N el rendimiento se estabilizo. La fórmula de fertilización recomendada para maíz en áreas de alto potencial productivo del estado de Zacatecas es 200-60-00 (N-P_2O_5-K_2O) $kg \cdot ha^{-1}$ (Medina *et al*., 2007, 2009). Frecuentemente los productores de maíz de alto rendimiento en la región aplican mucho más fertilizante que el recomendado, pues aducen que obtienen un mayor rendimiento. De acuerdo con los resultados obtenidos, la aplicación de una dosis mayor a la recomendada puede tener sustento, ya que es posible obtener hasta 12 $ton \cdot ha^{-1}$ de maíz aplicando más de 230 kg de N y 100 kg de P_2O_5, sin reducir el rendimiento a largo plazo.

Cuadro 1- Rendimiento de grano de maíz y eficiencia en el uso del agua de riego (EUA) en dos sistemas labranza primaria y cinco dosis de fertilización nitrogenada a través de 100 años de simulación con el modelo EPIC .

Tratamientos de Labranza	Rendimiento de grano ($ton \cdot ha^{-1}$)	Carbono Orgánico (%)
Vertical	10.90 a[¥]	0.880 a
Convencional	10.81 b	0.865 b
Fertilización nitrogenada (Kg)		
130	7.98 d	0.660 e
180	10.33 c	0.716 d
230	11.73 b	0.817 c
280	12.11 a	0.980 b
330	12.13 a	1.186 a
[£]NSO interacción Lab*Fert	0.0002	0.1786

[£]Nivel de significancia observado para la interacción Labranza× Fertilización Nitrogenada. ¥Por columna y tratamiento, entre hileras medias seguidas por diferente letra son estadísticamente diferentes al 5% de probabilidad según Tukey.

El efecto de los tratamientos de labranza y dosis de fertilización nitrogenada sobre el Carbonó orgánico del suelo (SOC) simulados con EPIC a través de 100 años se muestran en el Cuadro 1. La labranza vertical incremento ligeramente el promedio de SOC (%), pero al aplicar una mayor cantidad de fertilizante nitrogenado el SOC se incrementó de manera muy significativa ($P<0.05$). Esto se explica por la mayor cantidad de biomasa producida, que aun cuando sea retirada del área de cultivo, dejará una cantidad importante de residuos de cosecha sobre y bajo la superficie del suelo que con el tiempo serán fuente de Carbono del suelo (Brady y Weil, 2000; Causarano *et al*., 2007). Por otra parte reducir la labranza puede amortiguar la oxidación de la materia orgánica del suelo y la perdida por erosión (Brady y Weil, 2000).

Conclusiones

El modelo EPIC permitió la evaluación del efecto de la reducción de la labranza y la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de maíz de grano y el carbono orgánico del suelo. La reducción de tres pasos de maquinaria en la labranza convencional a uno solo, en donde simultáneamente se subsolea y mulle el suelo evitando voltearlo (labranza vertical), incremento el rendimiento de grano de maíz y el porcentaje de carbono orgánico del suelo. La aplicación de una dosis de fertilización mayor a la recomendada podría incrementar significativamente el rendimiento de maíz de alta productividad y el contenido de carbono orgánico del suelo.

Referencias

Abrahamson, D.A., H.J. Causarano, J.R. Williams, M.L. Norfleet, and A.J. Franzluebbers. 2009. Predicting soil organic carbon sequestration in the southeastern United States with EPIC and the soil conditioning index. Journal of Soil and Water Conservation. 64(2):134-144.

Brady, N. C., Weil, R. R. 2000. Elements of the Nature and Properties of Soil. Prentice-Hall, Inc. N. Jersey, USA. 539 p.

Camp, C.R., G.D. Christenbury, C.W. Doty. 1984. Tillage Effects on Crop Yield in Coastal Plain Soils. TRANSACTIONS ofthe ASAE. 27: 1729-1733.

Causarano, H. J., J. N. Shaw, A. J. Franzluebbers, D. W. Reeves, R. L. Raper, K. S. Balkcom, M. L. Norfleet, and R. C. Izuarralde. 2007. Simulating field-scale soil organic carbon dynamics using EPIC. Soil Sci. Soc. Amer. J. 71(4): 1174-1185.

Franzluebbers, A. J., G. W. Langdale, H. H. Schomberg. 1999. Soil Carbon, Nitrogen, and Aggregation in Response to Type and Frequency of Tillage. Soil Sci. Soc. Am. J. 63:349 - 355.

Hayhoe, H.N., D.W. Stewart. 1996. Evaluation of CLIGEN and WXGEN weather data generators under Canadian conditions. Canadian Water Resources Journal / Revue Canadienne des Ressources Hydriques. 21(1): 53 - 67.

He, X., R. C. Izaurralde, M. B. Vanotti, J. R. Williams, and A. M. Thomson. 2006. Simulating Long-Term and Residual Effects of Nitrogen Fertilization on Corn Yields, Soil Carbon Sequestration, and Soil Nitrogen Dynamics J. Environ. Qual. 35:1608 - 1619.

Ko, J., G. Piccinni, E. Steglich. 2009. Using EPIC model to manage irrigated cotton and maize. Agricultural Water Management. 96: 1323 – 1331.

Mahdi M. Al-Kaisi, Xinhua Yin, M. A. Licht. 2005. Soil carbon and nitrogen changes as affected by tillage system and crop biomass in a corn–soybean rotation. Applied Soil Ecology 30: 174–191.

Medina-Garcia, G., J.A. Zegbe-Domínguez, B. Cabañas-Cruz, J. Mena-Covarrubias, J.A. Ruiz-Corral, A.G. Bravo-Lozano, M.D. Amador-Ramirez, R. Zandate-Hernández, M. Reveles-Hernández, R. Gutiérrez-Sánchez, G. Díaz-Padilla, J. Madero-Tamargo, S. Rubio-Díaz. 2007. Potencial productivo de especies agrícolas en el distrito de desarrollo rural Río Grande. Libro Técnico No. 6. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. p 76 – 78.

Medina-García, G., J.A. Zegbe-Domínguez, J. Mena-Covarrubias, R. Gutiérrez-Luna, M. Reveles-Hernández, R. Zandate-Hernández, A. Ruiz-Corral, G. Díaz-Padilla, M. Luna-Flores. 2009. Potencial productivo de especies agrícolas en el Distrito de Desarrollo Rural Zacatecas, Zacatecas. Publicación Técnica No. 3. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. p 90 – 93.

Reicosky, D.C. 1997. Tillage-induced CO_2 emission from soil. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 49: 273 – 285.

SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM). 2002. SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA.

Sharpley, A.N., J.R. Williams. (eds). 1990. EPIC – Erosion/Productivity Impact Calculator. 1. Model Documentation. US Department of Agriculture. Technical Bulletin No. 1768. 235 pp.

FERTILIZACIÓN NITROGENADA PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN LUVISOLES DE YUCATÁN

Tun-Dzul, J.C.[1*]

[1]**Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste. Campo Experimental Mocochá. Km. 24.5 Antigua carretera Mérida-Motul. CP 97454. Mocochá, Yuc.**

*Autor responsable: tun.jose@inifap.gob.mx. Calle 27-A No. 201-B x 22. Colonia Chuburná de Hidalgo. Mérida, Yuc. C.P. 97205, México. +52 999 – 981 - 1848

Resumen

En Yucatán, en el 2015, se sembraron 107,868 ha de maíz bajo temporal con un rendimiento de 0.650 ton ha^{-1}; bajo riego se establecieron 8,601 ha y el rendimiento medio fue de 4.520 ton ha^{-1}. Los suelos con mayor potencial para el cultivo de maíz en el estado, son los Luvisoles y los Vertisoles, en los cuales se pueden mecanizar las labores. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de fertilizante nitrogenado sobre el rendimiento del cultivo de maíz en un suelo Luvisol. El experimento se realizó en el S.E. Uxmal, del INIFAP. El experimento se estableció en un Luvisol ródico representativo del área productora de maíz del estado de Yucatán. Se evaluaron siete dosis de nitrógeno: 50, 75, 100, 150, 200, 250 y 300 kg ha^{-1} y un tratamiento sin fertilización. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con tres repeticiones. El cultivo indicador fue el híbrido de maíz H-520, el cual se estableció a una densidad equivalente a 66,660 plantas por hectárea, bajo condiciones de riego. La siembra se realizó en agosto de 2014. Se evaluó el rendimiento de grano. El análisis estadístico reportó diferencias altamente significativas ($\Im$=0.01) entre los tratamientos estudiados. El mayor rendimiento de grano (7.555 ton ha^{-1}) se obtuvo con el tratamiento 6 (200 kg ha^{-1} de N), seguido por los obtenidos con las dosis de 250, 150 y 300 kg ha^{-1} de N: 7.285, 7.105 y 7.099 ton ha^{-1}, respectivamente; todos estadísticamente iguales.

Palabras clave
Fertilización; Nitrógeno; Riego

Introducción

En 2015 se sembraron en Yucatán 107,868 ha de maíz bajo condiciones de temporal con un rendimiento medio de 0.650 ton ha^{-1}; bajo riego se establecieron 8,601 ha y su rendimiento medio fue de 4.520 ton ha^{-1} (SIAP, 2016), el cual se puede considerar medio, para las condiciones de clima y suelo del estado, ya que el potencial es mayor.

En el estado de Yucatán, la mayoría de los factores del clima son favorables para el cultivo de maíz, pero el exceso de radiación y la mala distribución de la precipitación limitan sus rendimientos. Otro factor limitante es el suelo, ya que en el estado más del 70% de la superficie lo ocupan los Leptosoles (suelos pedregosos y de poca profundidad), lo cual limita la mecanización de las labores agrícolas, con el consiguiente incremento del costo de cultivo. Por otro lado, en los suelos de alto potencial (Luvisoles y Vertisoles) el rendimiento está limitado por diversos factores de manejo, entre los cuales

se pueden mencionar, el material genético, la baja densidad de población, la falta de fertilización y el inadecuado control de plagas.

La fertilización se considera como uno de los factores controlables clave en la obtención de un mejor rendimiento en maíz, ejerciendo alta influencia sobre los componentes de rendimiento y sobre las características agronómicas (Tosquy *et al.*, 1998). La producción de materia seca del cultivo de maíz está estrechamente vinculada con el aprovechamiento de la radiación solar incidente, de la capacidad de la planta para interceptarla y su eficiencia para transformarla y enviarla a sus órganos (Andrade *et al.*, 1993).

Los suelos mecanizables de la península de Yucatán (Luvisoles y Vertisoles), representan una superficie de 559,743 y sus características físicas y químicas son similares a los de otras regiones del país; sin embargo, su comportamiento productivo no corresponde a las diagnosticadas mediante el empleo de los análisis de suelos. Por ejemplo, los Luvisoles crómicos presentan altos contenidos de arcilla, pero su comportamiento hidráulico y la capacidad de intercambio catiónico corresponden a las de un suelo arenoso (Bautista y Palacio, 2005). Además, los altos contenidos de materia orgánica reportados en los análisis químicos son muy variables y se reducen drásticamente en un lapso de tiempo muy corto, demostrando poca estabilidad en su fertilidad y productividad, condición común en zonas tropicales y sub tropicales del país en contraste con las zonas templadas en donde la actividad microbiana se reduce por las temperaturas manteniendo el nivel de materia orgánica del suelo.

Tun *et al.* (2014), recomiendan el empleo de la dosis de fertilización 150-80-100 para el híbrido de maíz H-520 cultivado bajo condiciones de riego por goteo y con una densidad de 66,660 plantas por hectárea, con lo cual se obtuvo el mayor rendimiento de grano y de materia seca. También indicaron que los factores nitrógeno y potasio tuvieron poco impacto sobre las variables evaluadas ya que el fósforo determinó en mayor medida los resultados obtenidos. Sin embargo, también se ha observado que el rango de respuesta del maíz a la dosis de nitrógeno es muy variable, razón por la cual se recomienda estudiar más el efecto de este nutrimento.

Los cultivos establecidos en los suelos mecanizables de la península de Yucatán presentan una respuesta heterogénea dentro de una misma parcela, la cual se refleja de diversas maneras, siendo las más evidentes la diferencia en el crecimiento y la producción de los mismos, lo cual es un indicador de que los suelos no son homogéneos y que el manejo de los mismos requiere de un mejor conocimiento de la heterogeneidad de su fertilidad. Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de fertilizante nitrogenado sobre el rendimiento de grano del cultivo de maíz en un Luvisol.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el Sitio Experimental Uxmal, perteneciente al Campo Experimental Mocochá del Centro de Investigación Regional Sureste del INIFAP, localizado en el km 176 de la carretera Campeche-Mérida (vía ruinas), ubicado en el municipio de Muna, Yuc. Se seleccionó un terreno cuya clase de suelo (Luvisol ródico) es representativo de los suelos cultivados con maíz del sur del estado de Yucatán.

La preparación del suelo consistió en el chapeo mecánico de la maleza, seguido de dos pasos de rastra, lo cual permitió acondicionar la superficie del suelo para la siembra del cultivo de maíz. La profundidad del suelo de la parcela experimental fue superior a 1.0 m.

Los tratamientos estudiados se conformaron con base en los resultados de un trabajo previo en el cual se definió que la mejor dosis de fertilización para este cultivo fue la 150-80-100 (N-P_2O_5-K2O) (Tun *et al.*, 2014). También se ha observado una fuerte variación de la respuesta del cultivo de maíz a las dosis de nitrógeno en este tipo de suelos. Con base en lo anterior, se evaluaron siete tratamientos en los cuales se mantuvieron constantes las dosis de fósforo (80 kg ha^{-1}) y de potasio (100 kg ha^{-1}) y se

hicieron variar las dosis de nitrógeno desde 50 hasta 300 kg ha^{-1}, y un tratamiento testigo sin fertilización, tal y como se presentan en el Cuadro 1. Los tratamientos mencionados se arreglaron en un diseño experimental Completamente al Azar con tres repeticiones. La unidad experimental total tuvo una superficie de 20 m^2 y la superficie de la parcela útil fue de 8 m^2.

El cultivo indicador fue el maíz, cuya siembra manual se realizó el 26 de agosto del 2014, y se cultivó bajo condiciones de riego por goteo (cinta de riego) ya que se estableció fuera de la época de siembra recomendada y las condiciones del temporal no eran adecuadas para un buen desarrollo del cultivo. El material genético utilizado fue el híbrido H-520 de maíz, generado por el INIFAP, el cual es de grano blanco dentado y adaptado a las condiciones del trópico mexicano. Las plantas se arreglaron con una distancia entre hileras de cultivo de 1.00 m y entre cepas de 0.30 m, colocando dos plantas por cepa, para obtener una densidad equivalente a 66,660 plantas por hectárea. La cosecha se hizo en enero de 2015. Se evaluó el rendimiento de grano ajustado al 14% de humedad.

El manejo agronómico del cultivo se hizo de acuerdo con las recomendaciones que para la región ha generado el INIFAP, aunque la densidad de siembra y el arreglo topológico empleados son algo poco común para el estado.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos de nitrógeno y las dosis de fósforo y potasio aplicados al híbrido de maíz H-520. Muna, Yuc. 2014.

Tratamiento	Dosis de fertilización (kg ha^{-1})		
	N	P_2O_5	K_2O
1	**00**	00	00
2	**50**	80	100
3	**75**	80	100
4	**100**	80	100
5	**150**	80	100
6	**200**	80	100
7	**250**	80	100
8	**300**	80	100

Resultados y Discusión

El suelo en el cual se estableció el experimento es un Luvisol ródico, calcáreo, cuyo análisis de fertilidad indicó que tiene un pH moderadamente alcalino (7.9), conductividad eléctrica de 0.7 dS m^{-1}, mediano en materia orgánica (2.35%), alta capacidad de intercambio catiónico (25.3 meq $100g^{-1}$), textura Arcillosa y profundo (> 1.0 m). en cuanto a su contenido de nutrimentos, presentó un contenido mediano de nitratos (24 mg kg^{-1}) y sulfatos (47 mg kg^{-1}), así como altos contenidos de fósforo (40 mg kg^{-1}), potasio (520 mg kg^{-1}), calcio (3,600 mg kg^{-1}) y magnesio (640 mg kg^{-1}). Por otro lado, el análisis de extracto saturado indican una alta disponibilidad de fosfatos (5.0 mg kg^{-1}) y cobre (3.6 mg kg^{-1}), mediana disponibilidad de nitratos (4.1 meq L^{-1}), calcio (3.2 meq L^{-1}) y boro (0.5 mg kg^{-1}), y baja disponibilidad de potasio (0.5 meq L^{-1}), magnesio (1.7 meq L^{-1}), sulfatos (0.8 meq L^{-1}), fierro (1.2 mg kg^{-1}), zinc (1.4 mg kg^{-1}) y manganeso (0.6 mg kg^{-1}), de tal manera que se puede decir que la fertilidad inicial del suelo fue de media a alta, lo cual se reflejó en los resultados que se presentan y discuten a continuación.

En el Cuadro 2 se presenta el efecto de los tratamientos de fertilización nitrogenada evaluados sobre el rendimiento de grano del híbrido de maíz H-520, ajustado al 14% de humedad. El análisis de varianza de los resultados reportó diferencias altamente significativas ($\Im$=0.01) entre los tratamientos aplicados. Al realizar la prueba de comparación de medias de los rendimientos (DMS) se encontraron diferencias significativas ($\Im$=0.05) entre los tratamientos: el mayor rendimiento de grano (7.555 ton ha^{-1}) se obtuvo con el tratamiento de 200 kg ha^{-1} de N, seguido por los obtenidos con las dosis de 250,

150 y 300 kg ha^{-1} de N (7.285, 7.105 y 7.099 ton ha^{-1}, respectivamente); todos ellos estadísticamente iguales. Los rendimientos obtenidos con las dosis de 75 y 100 kg ha^{-1} de N fueron estadísticamente iguales, pero diferentes al resto de los tratamientos. Finalmente, el rendimiento más bajo (3.165 ton ha^{-1}) se obtuvo con el tratamiento testigo que no recibió fertilización, seguido por el tratamiento que recibió la dosis de 50 kg ha^{-1} de N, siendo estadísticamente diferentes.

Los resultados de este trabajo sobre el cultivo de maíz indican, primeramente, que el contenido inicial de nitrógeno del suelo, en los primeros 30 cm de profundidad y con alta disponibilidad, permitió obtener un rendimiento aceptable sin la aplicación de fertilizantes. En segundo término se puede apreciar que el mayor rendimiento se obtuvo con la dosis 200-80-100, pero fue estadísticamente igual al obtenido con la dosis 150-80-100, la cual concuerda con los resultados de Tun *et al.* (2014) para este tipo de suelos. Sin embargo, la diferencia de rendimiento entre estos dos tratamientos (445 kg ha^{-1}) puede ser de importancia para que el productor decida aplicar 50 kg ha^{-1} de N. Finalmente, el menor rendimiento (3.165 ton ha^{-1}) obtenido con la dosis 00-00-00, y que refleja la fertilidad inicial del suelo del sitio experimental, se situó 635 kg ha^{-1} por debajo del rendimiento medio (3.800 ton ha^{-1}) obtenido con este cultivo bajo condiciones de riego y fertilización en el sur de Yucatán.

Cuadro 2. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de fertilizante nitrogenado sobre el rendimiento de grano del híbrido de maíz H-520. Muna, Yuc. 2015.

Tratamiento	Dosis de N- P_2O_5 – K_2O (kg ha^{-1})	Rendimiento (ton ha^{-1})
1	00 – 00 – 00	3.165 **d**
2	50 – 80 – 100	5.649 **c**
3	75 – 80 – 100	6.161 **bc**
4	100 – 80 – 100	6.426 **b**
5	150 – 80 – 100	7.105 **a**
6	200 – 80 – 100	7.550 **a**
7	250 – 80 – 100	7.285 **a**
8	300 – 80 – 100	7.099 **a**

*Rendimientos con la misma letra son estadísticamente iguales ($\Im$= 0.05).

Conclusiones

Los resultados indican que se tuvo efecto altamente significativo entre los tratamientos evaluados, siendo la mejor dosis de nitrógeno la equivalente a 200 kg ha^{-1}.

Los rendimientos obtenidos también permiten corroborar los resultados obtenidos previamente por lo que se puede considerer como la mejor dosis de fertilización (N-P_2O_5-K_2O) para el híbrido de maíz H-520, la 150-80-100 en los Luvisoles ródicos del sur de Yucatán.

Agradecimientos

El autor agradece al Gobierno del estado de Yucatán el financiamiento del "Proyecto especial de asistencia técnica y capacitación a agricultores de la región Sur-Poniente del estado de Yucatán", cuyos resultados son motivo de este documento.

Referencias

Andrade, F.; S.A. Uhart, and M.I. Frugone. 1993. Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize: shade vs. plant density effects. Crop Science, 33:482-485.

Bautista, F. y G. Palacio (Eds.) 2005. Caracterización y manejo de los suelos de la península de Yucatán: Implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán, Instituto Nacional de Ecología. 282 p.

SIAP (Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera). 2016. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). http://www.siap.gob.mx/. Consultado el 20 de mayo de 2016.

Tosquy-Valle, O.H.; R. de la Garza-Garza, G. Castañón-Nájera y R. Morones-Reza. 1998. Fertilización edáfica y densidades de población para producción de semilla de líneas de maíz. Agric. Téc. en México 24: 111-119.

Tun D., J.C., J.H. Ramírez S., A.J. Cano G. y N.G. Uzcanga P. 2014. Producción de materia seca y rendimiento de maíz bajo riego, en Luvisoles del sur de Yucatán. En: Flores, M.J.P., B. Corral D., P. Osuna A., J. Torres P., J. Valero G. y A.l. Flores A. 2014. Memoria del XXXIX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, 19 al 24 Octubre de 2014. Ciudad Juárez, Chihuahua. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez, Chihuahua, México. 213-217.

APLICACIÓN DE POTASIO PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN LUVISOLES DE YUCATÁN

Tun-Dzul, J.C.[1*]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste. Campo Experimental Mocochá. km 24.5 Antigua carretera Mérida-Motul. CP 97454. Mocochá, Yuc.

*Autor responsable: tun.jose@inifap.gob.mx. Calle 27-A No. 201-B x 22. Colonia Chuburná de Hidalgo. Mérida, Yuc. C.P. 97205, México. +52 999 – 981 - 1848

Resumen

En Yucatán, en el 2015, se sembraron 107,868 ha de maíz bajo condiciones de temporal con un rendimiento de 0.650 ton ha^{-1}; bajo riego se establecieron 8,601 ha y el rendimiento medio fue de 4.520 ton ha^{-1}. Los suelos con mayor potencial para el cultivo de maíz en el estado, son los Luvisoles y los Vertisoles, en los cuales, además, se pueden mecanizar las labores. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de potasio sobre el rendimiento de grano del cultivo de maíz en un suelo Luvisol. El experimento se realizó en el S.E. Uxmal, del INIFAP. El experimento se estableció en un Luvisol ródico representativo del área productora de maíz del estado de Yucatán. Se evaluaron siete dosis de potasio (K_2O) de cero a 300 kg ha^{-1} con intervalos de 50 kg y un testigo sin fertilización. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con tres repeticiones. El cultivo indicador fue el híbrido de maíz H-520, el cual se estableció a una densidad equivalente a 66,660 plantas por hectárea, bajo condiciones de riego. La siembra se realizó en agosto de 2014. Se evaluó el rendimiento de grano. El análisis estadístico reportó diferencias altamente significativas ($\Im$=0.01) entre los tratamientos estudiados. Todos los tratamientos con potasio fueron estadísticamente iguales, pero diferentes al tratamiento sin fertilización. El mayor rendimiento de grano (7.380 ton ha^{-1}) se obtuvo con la dosis de 200 kg ha^{-1} de K_2O.

Palabras clave

Fertilización; Potasio; Riego

Introducción

En 2015 se sembraron en Yucatán 107,868 ha de maíz bajo condiciones de temporal con un rendimiento medio de 0.650 ton ha^{-1}; bajo riego se establecieron 8,601 ha y su rendimiento medio fue de 4.520 ton ha^{-1} (SIAP, 2016), el cual se puede considerar medio, para las condiciones de clima y suelo del estado, ya que el potencial es mayor.

En el estado de Yucatán, la mayoría de los factores del clima son favorables para el cultivo de maíz, pero el exceso de radiación y la mala distribución de la precipitación limitan sus rendimientos. Otro factor limitante es el suelo, ya que en el estado más del 70% de la superficie lo ocupan los Leptosoles (suelos pedregosos y de poca profundidad), lo cual limita la mecanización de las labores agrícolas, con el consiguiente incremento del costo de cultivo. Por otro lado, en los suelos de alto potencial (Luvisoles y Vertisoles) el rendimiento está limitado por diversos factores de manejo, entre los cuales se pueden mencionar, el material genético, la baja densidad de población, la falta de fertilización y el inadecuado control de plagas.

La fertilización se considera como uno de los factores controlables clave en la obtención de un mejor rendimiento en maíz, ejerciendo alta influencia sobre los componentes de rendimiento y sobre las características agronómicas (Tosquy *et al.*, 1998). La producción de materia seca del cultivo de maíz está estrechamente vinculada con el aprovechamiento de la radiación solar incidente, de la capacidad de la planta para interceptarla y su eficiencia para transformarla y enviarla a sus órganos (Andrade *et al.*, 1993).

Los suelos mecanizables de la península de Yucatán (Luvisoles Y Vertisoles), representan una superficie de 559,743 y sus características físicas y químicas son similares a los de otras regiones del país; sin embargo, su comportamiento productivo no corresponde a las diagnosticadas mediante el empleo de los análisis de suelos. Por ejemplo, los Luvisoles crómicos presentan altos contenidos de arcilla, pero su comportamiento hidráulico y la capacidad de intercambio catiónico corresponden a las de un suelo arenoso (Bautista y Palacio, 2005). Además, los altos contenidos de materia orgánica reportados en los análisis químicos son muy variables y se reducen drásticamente en un lapso de tiempo muy corto, demostrando poca estabilidad en su fertilidad y productividad, condición común en zonas tropicales y sub tropicales del país en contraste con las zonas templadas en donde la actividad microbiana se reduce por las temperaturas manteniendo el nivel de materia orgánica del suelo.

Tun *et al.* (2014), recomiendan el empleo de la dosis de fertilización 150-80-100 para el híbrido de maíz H-520 cultivado bajo condiciones de riego por goteo y con una densidad de 66,660 plantas por hectárea, con lo cual se obtuvo el mayor rendimiento de grano y de materia seca. También indicaron que los factores nitrógeno y potasio tuvieron poco impacto sobre las variables evaluadas ya que el fósforo determinó en mayor medida los resultados obtenidos. Sin embargo, también se ha observado que la respuesta del maíz a la aplicación de potasio es muy variable, razón por la cual se recomienda estudiar más el efecto de este nutrimento.

Los cultivos establecidos en los suelos mecanizables de la península de Yucatán presentan una respuesta heterogénea dentro de una misma parcela, la cual se refleja de diversas maneras, siendo las más evidentes la diferencia en el crecimiento y la producción de los mismos, lo cual es un indicador de que los suelos no son homogéneos y que el manejo de los mismos requiere de un mejor conocimiento de la heterogeneidad de su fertilidad. Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de potasio sobre el rendimiento de grano del cultivo de maíz en un Luvisol mecanizable.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el Sitio Experimental Uxmal, perteneciente al Campo Experimental Mocochá del Centro de Investigación Regional Sureste del INIFAP, localizado en el Km. 176 de la carretera Campeche-Mérida (vía ruinas), ubicado en el municipio de Muna, Yuc. Se seleccionó un terreno cuya clase de suelo (Luvisol ródico) es representativo de los suelos cultivados con maíz del sur del estado de Yucatán.

La preparación del suelo consistió en el chapeo mecánico de la maleza, seguido de dos pasos de rastra, lo cual permitió acondicionar la superficie del suelo para la siembra del cultivo de maíz. La profundidad del suelo de la parcela experimental fue superior a 1.0 m.

Los tratamientos estudiados se conformaron con base en los resultados de un trabajo previo en el cual se definió que la mejor dosis de fertilización para este cultivo fue la 150-80-100 (N-P_2O_5-K2O) (Tun *et al.*, 2014). También se ha observado una fuerte variación de la respuesta del cultivo de maíz a las aplicaciones de potasio en este tipo de suelos. Con base en lo anterior, se evaluaron siete tratamientos en los cuales se mantuvieron constantes las dosis de nitrógeno (150 kg ha^{-1}) y de fósforo (80 kg ha^{-1}) y se hicieron variar las dosis de potasio desde 0 hasta 300 kg ha^{-1} de K_2O, y un tratamiento testigo sin fertilización, tal y como se presentan en el Cuadro 1. Los tratamientos mencionados se arreglaron en

un diseño experimental Completamente al Azar con tres repeticiones. La unidad experimental total tuvo una superficie de 20 m^2 y la parcela útil fue de 8 m^2.
El cultivo indicador fue el maíz, cuya siembra manual se realizó el 26 de agosto del 2014, y se cultivó bajo condiciones de riego por goteo (cinta de riego) ya que se estableció fuera de la época de siembra recomendada y las condiciones del temporal no eran adecuadas para un buen desarrollo del cultivo. El material genético utilizado fue el híbrido H-520 de maíz, generado por el INIFAP, el cual es de grano blanco dentado y adaptado a las condiciones del trópico mexicano. Las plantas se arreglaron con una distancia entre hileras de cultivo de 1.00 m y entre cepas de 0.30 m, colocando dos plantas por cepa, para obtener una densidad equivalente a 66,660 plantas por hectárea. La cosecha se hizo en enero de 2015. Se evaluó el rendimiento de grano ajustado al 14% de humedad.
El manejo agronómico del cultivo se hizo de acuerdo con las recomendaciones que para la región ha generado el INIFAP, aunque la densidad de siembra y el arreglo topológico empleados son algo poco común para el estado.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos de nitrógeno y las dosis de fósforo y potasio aplicados al híbrido de maíz H-520. Muna, Yuc. 2014.

Tratamiento	Dosis de fertilización (kg ha^{-1})		
	N	P_2O_5	K_2O
1	00	00	**00**
2	150	80	**00**
3	150	80	**50**
4	150	80	**100**
5	150	80	**150**
6	150	80	**200**
7	150	80	**250**
8	150	80	**300**

Resultados y Discusión

El suelo en el cual se estableció el experimento es un Luvisol ródico, calcáreo, cuyo análisis de fertilidad indicó que tiene un pH moderadamente alcalino (7.9), conductividad eléctrica de 0.7 dS m^{-1}, mediano en materia orgánica (2.35%), alta capacidad de intercambio catiónico (25.3 meq $100g^{-1}$), textura Arcillosa y profundo (> 1.0 m). en cuanto a su contenido de nutrimentos, presentó un contenido mediano de nitratos (24 mg kg^{-1}) y sulfatos (47 mg kg^{-1}), así como altos contenidos de fósforo (40 mg kg^{-1}), potasio (520 mg kg^{-1}), calcio (3,600 mg kg^{-1}) y magnesio (640 mg kg^{-1}). Por otro lado, el análisis de extracto saturado indican una alta disponibilidad de fosfatos (5.0 mg kg^{-1}) y cobre (3.6 mg kg^{-1}), mediana disponibilidad de nitratos (4.1 meq L^{-1}), calcio (3.2 meq L^{-1}) y boro (0.5 mg kg^{-1}), y baja disponibilidad de potasio (0.5 meq L^{-1}), magnesio (1.7 meq L^{-1}), sulfatos (0.8 meq L^{-1}), fierro (1.2 mg kg^{-1}), zinc (1.4 mg kg^{-1}) y manganeso (0.6 mg kg^{-1}), de tal manera que se puede decir que la fertilidad inicial del suelo fue de media a alta, lo cual se reflejó en los resultados que se presentan y discuten a continuación.
En el Cuadro 2 se presenta el efecto de los tratamientos de fertilización con diferentes dosis de potasio sobre el rendimiento de grano del híbrido de maíz H-520, ajustado al 14% de humedad. El análisis de varianza de los resultados reportó diferencias altamente significativas ($\Im$=0.01) entre los tratamientos aplicados. Al realizar la prueba de comparación de medias de los rendimientos (DMS) se encontraron diferencias significativas ($\Im$=0.05) entre los tratamientos: todos los tratamientos que recibieron potasio fueron estadísticamente iguales, pero diferentes al tratamiento sin fertilización, lo cual indica que el potasio no tiene mucha influencia sobre el rendimiento de grano ya que la fertilización con nitrógeno y fósforo parece ser suficiente. El mayor rendimiento de grano (7.380 ton ha^{-1}) se obtuvo con el tratamiento de 200 kg ha^{-1} de K_2O. Finalmente, el rendimiento más bajo (3.398 ton ha^{-1}) se

obtuvo con el tratamiento que no recibió fertilización.

Los resultados de la aplicación de diferentes dosis de potasio al cultivo de maíz H-520 indican primeramente que el contenido inicial de potasio del suelo, en los primeros 30 cm de profundidad y con alta disponibilidad, parece ser suficiente para la producción de gramo en los Luvisoles del Sur de Yucatán. En segundo término, se puede apreciar que el mayor rendimiento que se obtuvo con la dosis 150-80-200 fue estadísticamente igual al obtenido con la dosis 150-80-100, lo cual concuerda con los resultados de Tun *et al*. (2014) para este tipo de suelos. Sin embargo, el rendimiento obtenido con la dosis 150-80-00 (6.970 ton ha^{-1}) indica que en estos suelos con alto contenido de potasio, no es necesaro aplicar este nutrimento.

Cuadro 2. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de fertilizante nitrogenado sobre el rendimiento de grano del híbrido de maíz H-520. Muna, Yuc. 2015.

Tratamiento	Dosis de N- P_2O_5 – K_2O (kg ha^{-1})	Rendimiento (ton ha^{-1})
1	00 – 00 – 00	3.398 **b**
2	150 – 80 – 00	6.790 **a**
3	150 – 80 – 50	6.100 **a**
4	150 – 80 – 100	6.769 **a**
5	150 – 80 – 150	7.024 **a**
6	150 – 80 – 200	7.380 **a**
7	150 – 80 – 250	6.451 **a**
8	150 – 80 – 300	6.771 **a**

*Rendimientos con la misma letra son estadísticamente iguales ($\Im$= 0.05).

Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que en los suelos con alto contenido inicial de potasio no se tiene respuesta a la aplicación de fertilizantes potásicos y solo se requiere de la fertilización con nitrógeno y fósforo.

Los resultados obtenidos también indican que para los Luvisoles ródicos del sur de Yucatán, ricos en potasio, se puede considerar como la mejor dosis de fertilización (N-P_2O_5-K_2O) para el híbrido de maíz H-520, la 150-80-00.

Agradecimientos

El autor agradece al Gobierno del estado de Yucatán el financiamiento del "Proyecto especial de asistencia técnica y capacitación a agricultores de la región Sur-Poniente del estado de Yucatán", cuyos resultados son motivo de este documento.

Referencias

Andrade, F.; S.A. Uhart, and M.I. Frugone. 1993. Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize: shade vs. plant density effects. Crop Science, 33:482-485.

Bautista, F. y G. Palacio (Eds.) 2005. Caracterización y manejo de los suelos de la península de Yucatán: Implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán, Instituto Nacional de Ecología. 282 p.

SIAP (Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera). 2016. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). http://www.siap.gob.mx/. Consultado el 20 de mayo de 2016.

Tosquy-Valle, O.H.; R. de la Garza-Garza, G. Castañón-Nájera y R. Morones-Reza. 1998. Fertilización edáfica y densidades de población para producción de semilla de líneas de maíz. Agric. Téc. en México 24: 111-119.

Tun D., J.C., J.H. Ramírez S., A.J. Cano G. y N.G. Uzcanga P. 2014. Producción de materia seca y rendimiento de maíz bajo riego, en Luvisoles del sur de Yucatán. En: Flores, M.J.P., B. Corral D., P. Osuna A., J. Torres P., J. Valero G. y A.l. Flores A. 2014. Memoria del XXXIX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, 19 al 24 Octubre de 2014. Ciudad Juárez, Chihuahua. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez, Chihuahua, México. 213-217.

EFICIENCIA EN EL USO DE NITRÓGENO POR EL CULTIVO DE BRÓCOLI, EN EL BAJÍO GUANAJUATENSE

Vivanco-Estrada, R.[1*]; Dávila-Guzmán, R.[2]

[1]Laboratorio de Análisis y Diagnóstico del Patrimonio, LADiPA, El Colegio de Michoacán A. C. La Piedad, Michoacán. México.
[2]TecnoInsumos Agrícolas de la Piedad. La Piedad, Michoacán. México.

*Autor responsable: ravivanco@hotmail.com; Calle Cerro de Nahuatzen Núm. 85, Col. Fraccionamiento Jardines del Cerro Grande, La Piedad, Michoacán. México. CP 59370; Tel. +52(352)-592-2877

Resumen

La cantidad de nitrógeno aplicada al cultivo de brócoli se ha descrito desde los 540 a 250 kg N ha^{-1}, sin conocer cuál es la eficiencia de uso del nutrimento por el cultivo. El objetivo del presente trabajo fue determinar la eficiencia de uso de nitrógeno de tres fuentes fertilizantes de base y reabone en el bajío guanajuatense. Los resultados obtenidos indicaron que al aplicar 12-11-18 a la base a razón de 450 kg ha^{-1} se tiene la mejor respuesta al arranque. Para el reabone dicha fuente combinada con sulfato de amonio, fosfonitrato o nitrato de magnesio arrojo los mejores resultados de recuperación del material a dosis no mayor a los 265 kg N ha^{-1}, adicional de recolectar más del 90% de floretes comerciales en dos cortes.

Palabras clave
Eficiencia; Nitrógeno; Brocoli

Introducción

El brócoli (*Brassica oleracea* L.) es una hortaliza de importancia económica a nivel mundial debido a sus valores alimenticios y medicinales. Tanto las hojas como la inflorescencia (florete) tienen alto valor nutricional por sus contenidos de proteínas, carbohidratos, fibra, calcio y hierro, entre otros (Yanaguchi, 1983). El tamaño del florete es el principal carácter comercial en el brócoli (Wescott y Callan, 1990), las evaluaciones de rendimiento y calidad de florete son esenciales para elegir cultivares que cumplan con los estándares del mercado (Sterrett *et al*., 2004).
La mayoría de los estudios sobre la fertilización del brócoli se han centrado en la fertilización nitrogenada. Algunos de estos trabajos han evaluado la cantidad de nitrógeno a aplicar para obtener los máximos rendimientos, variando según las condiciones de cultivo y cultivares. Así, Magnifico *et al.* (1979) obtienen la máxima producción con 540 kg ha^{-1} de nitrógeno aportado, Greenwood *et al.* (1980), con 400 kg ha^{-1} y Kowalenko y Hall (1987), con tan solo 250 kg N ha^{-1}, cantidad similar a los 270 kgN ha^{-1} reflejados por Letey *et al.* (1983) y a los 224 kg N ha^{-1} aportados por Hipp (1974). A pesar de los trabajos realizados, la absorción y acumulación de nutrientes en las diferentes etapas del crecimiento del brócoli han sido muy poco estudiadas para las condiciones de producción, los datos disponibles, ofrecen valores totales de extracciones de los macroelementos N, P, K (Magnifico *et al.*, 1979; Letey *et al.*, 1983; Hipp, 1974) y en menor grado Ca y Mg.
A partir del concepto general para la eficiencia nutrimental en donde una planta de algún modo cambia o hace algo mejor que otra planta, dando como resultado una cosecha más abundante debido a un mejor desarrollo (Graham, 1984; Clark, 1990); la forma conceptualizada de la eficiencia nutrimental adquiere importancia especifica al poder cuantificar las cantidades específicas de un

nutrimento y su efecto en el rendimiento (Clark, 1990). Por lo antes descrito, el objetivo del presente trabajo fue determinar la eficiencia de uso de N y rendimiento de un cultivo de brócoli abonado de base con 21-17-3, 12-11-18 contra una mezcla física 10-21-10 (usada tradicionalmente en los programas de producción de brócoli) y reabonado con sulfato de amonio (SAM), fosfonitrato (FN) y nitrato de magnesio (NMg), comparando la acumulación de nitrógeno (Nac), la eficiencia en el uso (EUN) y diagnóstico de la situación nutrimental (NNi), al arranque y en cosecha.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en un lote comercial en el Estado de Guanajuato (20º34.944'N-100º56.669'O). Las plantas de brócoli (*Brassica oleracea* L.), se obtuvieron en semillero y trasplantaron en el mes de junio, a una densidad de plantación de 7 plantas m^{-2} (líneas pareadas a 1.6 m de separación, 0.4 m entre las filas de cada línea y 0.3 m entre las plantas de cada fila). La superficie total de cultivo fue de 1,152 m^{-2}, dentro de la cual se establecieron tres tratamientos de base con tres fuentes de reabone. El área experimental para cada combinación de tratamientos (base*reabone) fue de 16 m^{-2}, el ensayo quedo en la parte central de una tabla de 7has para eliminar efecto de borde.
La fertilización de base se realizó dos días antes de la siembra, aplicando 350 kg ha^{-1} de 21-17-3, 450 kg ha^{-1} de 12-11-18 y como testigo de la fertilización base comercial a dosis de 500 kg ha^{-1} compuesta por una mezcla física 10-21-10. La aplicación complementaria de nutrientes se realizó en dos etapas, a los 22 y 45 días posteriores al trasplante, las cantidades de nutrientes aportadas y las fuentes fertilizantes de reabone fueron sulfato de amonio "SAM" (500 kg ha^{-1}), fosfonitrato, "FN" (300 kg ha^{-1}) y nitrato de magnesio "NMg" (350 kg ha^{-1}).
Para la evaluación del efecto de la base en la eficiencia y acumulación del nutriente, se tomaron muestras de tejido vegetal en las cuales se determinó la composición química, dividiendo raíz y parte aérea. En la segunda evaluación (cosecha) se tomaron muestras de planta completas para la evaluación del status nutrimental, acumulación de N y características físicas de la planta x tratamiento (dividiendo el material en raíz y parte aérea). Los factores y niveles estudiados para determinar la eficiencia de uso de nitrógeno (EUN), acumulación (Nac) y situación de diagnóstico (NNi) a la cosecha consistieron en una combinación entre el tipo de fertilizante de base (10-21-10, 21-17-3 y 12-11-18) y los fertilizantes de reabone (SAM, FN y NMg), bajo un diseño de bloques al azar con dos repeticiones. Para la determinación del rendimiento se recolectaron frutos comerciales en dos etapas (coincidiendo con el momento de colecta de la tabla), en cada una se determinó el peso y número de piezas por tratamiento en evaluación. Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de ANOVA con el programa estadístico SAS.

Resultados y Discusión

Efecto de la fuente de base

Los resultados obtenidos para la acumulación de N (Nac) durante el período que comprende del trasplante y desarrollo vegetativo (fase de establecimiento) con las tres fuentes empleadas como base, en promedio superaron los 60 kg ha^{-1} de N acumulado, cantidad que es superior a la aplicada al menos con dos fuentes fertilizantes de base. Cabe señalar que del nitrógeno total acumulado en promedio (menos del 50%) se encuentra en la parte aérea lo cual nos señala que la planta al menos hasta esta etapa de desarrollo hace un uso intenso del nutrimento aplicado en la raíz. En cuanto a la recuperación (INrec), eficiencia en uso (EUN) y situación de diagnóstico (NNi) los resultados señalaron que al emplear la fuente de base 21-17-3 presentó diferencias significativas en la recuperación (α 0.05) en este periodo de desarrollo, en cuanto a la EUN, al aplicar 12-11-18, aporta los mejores resultados sin embargo, al comparar con el diagnóstico de la situación nutrimental, se observa un nivel por debajo

de lo requerido para esta etapa de crecimiento por el cultivo, constante mostrada con las tres fuentes de base empleadas.

Efecto de la fuente del reabone

Para la acumulación de nitrógeno total en cosecha, los datos se muestran en la Figura 1, en donde se puede observar cómo tendencia una extracción de N en florete y planta en promedio mayor con 12-11-18, seguido por 21-17-3 y la base comercial, en promedio la acumulación de N fue mayor al usar como complemento de reabone NMg. En términos de eficiencia, la recuperación obtenida con NMg supera la presentada con fosfonitrato o sulfato de amonio, respectivamente. En la literatura Choudhury y Khanif (2001), señalan que al aplicar magnesio se incrementa la absorción de Nitrógeno y su recuperación, en el ensayo evaluado, se presentó esta situación, independientemente de la fuente de base empleada. La combinación 12-11-18 + FN genera el mejor coeficiente de uso, recordando que esta expresa la producción de biomasa por unidad de nutrimento aplicado. En cuanto al índice de diagnóstico (NNi) al término del ensayo nos indica que los tratamientos y dosis propuestas se encuentran por arriba de la demanda para el cultivo en esta etapa, condición ideal con fines de productividad y rentabilidad del cultivo.

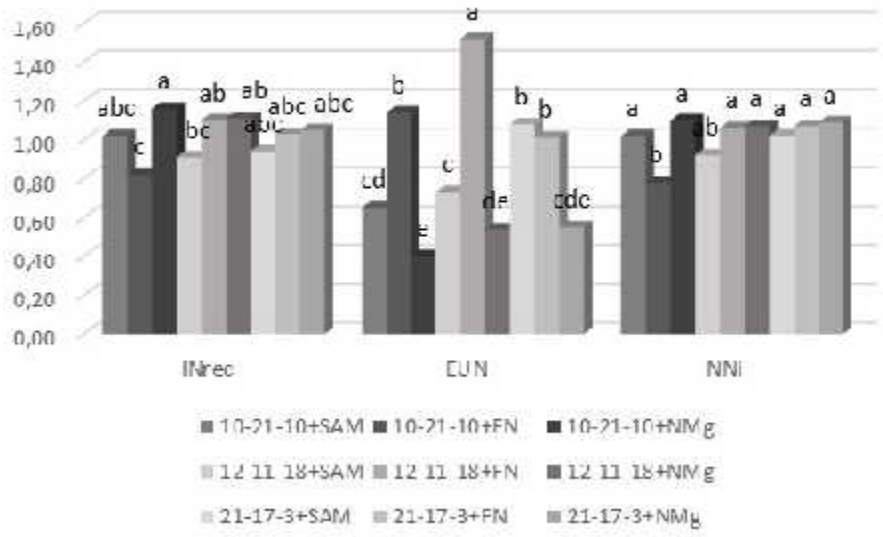


Figura 1. Recuperación de Nitrógeno, Eficiencia de uso (EUN) y situación de diagnóstico (NNi) por el cultivo de brócoli a la cosecha.

Clark (1990), menciona que la eficiencia en uso puede ser expresada en términos del producto de interés económico, en la evaluación de esta eficiencia en uso con respecto a la producción de florete, se observa que el uso de la base 12-11-18 en promedio genera la mejor eficiencia sin importar el tipo de fuente de reabone usado. La evaluación de la eficiencia se complementó con tres índices adicionales, NPE (eficiencia fisiológica), NAE (eficiencia agronómica) y NAPE (eficiencia agro-fisiológica); La Eficiencia fisiológica en promedio es mayor al usar 12-11-18 sin embargo, la combinación 21-17-3 + NMg generó el mejor índice, de igual forma usando fosfonitrato, sin importar la fuente de base. Para la eficiencia agronómica, las fuentes 12-11-18 y 21-17-3, superan a la base comercial. La combinación entre la eficiencia fisiológica y agronómica, conocida como agro-fisiológica nos mostró respuesta similar en las bases antes mencionadas.

Producción del cultivo

El período de recolección de frutos se realizó a 74 y 78 días después del trasplante, las inflorescencias comerciales cosechadas en dos periodos se muestran en porcentaje en la Figura 2. En promedio, el número de inflorescencias comerciales cosechadas, en la primera y segunda cosecha fue superior al usar como base 12-11-18. La mayor cantidad de producto cosechado se obtuvo al emplear como base 21-17-3, sin importar el reabone empleado, con un peso promedio de 600g pieza^{-1}. Es de importancia señalar que los tratamientos con base de 12-11-18 presenta una uniformidad de cosecha y prácticamente con dos cortes es retirada la mayor proporción de material, comparado con los tres cortes necesarios para la fuente 21-17-3 o la base comercial testigo. El rendimiento de la base comercial no supera bajo ninguna de las fuentes de reabone empleadas a cualquiera de las combinaciones entre bases 12-11-18 y 21-17-3 y reabone. En términos de costos de producción el uso de la fuente 21-17-3 aporta los menores costos, con un promedio del 12% menor de los gastos por efecto del fertilizante, al evaluar la rentabilidad la utilidad generada por esta base supera el 30%.

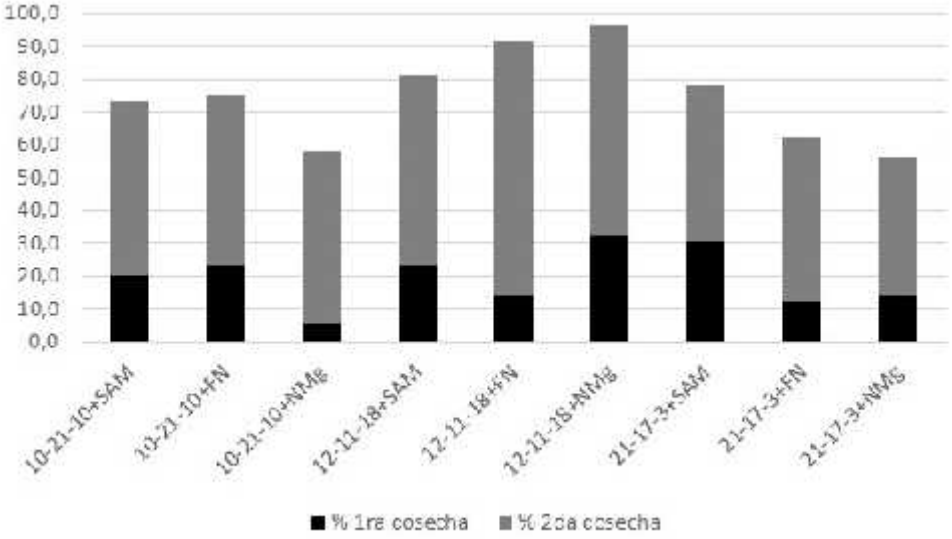


Figura 2. Porcentaje de cosecha con diferentes fuentes de base y reabone en brócoli.

Conclusiones

La fuente 21-17-3 es una base económica, con cualquier fuente de reabone genera buen rendimiento con alta relación costo / beneficio. Al emplear la fuente 12-11-18 se genera uniformidad en la cosecha, logrando retirar un porcentaje alto en dos cortes. La mejor eficiencia se obtiene al aplicar como reabone Fosfonitrato. Al aplicar Nitrato de magnesio independiente de la fuente de base se tiene la mayor recuperación de nitrógeno.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por TecnoInsumos y agradecen a ESA por la confianza, facilidades y disponibilidad total para la realización del proyecto.

Referencias

Choudhury, A.T.M.A. and Y.M. Khanif, 2001. Evaluation of the effects of nitrogen and magnesium fertilization on rice yield and fertilizer nitrogen efficiency using N tracer technique. J. Plant Nutr., 24: 855-871.

Clark R.B. 1990. Physiology of cereals for mineral nutritition uptake, use, and efficiency. In Crops as enhancers of nutrient use. Baligar, BC. and Duncan RR Eds., Academic press Inc. 131-209.

Graham R.D. 1984. Breeding for nutrtional characteristics in cereal. Adv. Plant Nutr. 1:57-102.

Greenwood D.J. 1990. Production or productivity, the nitrate problem? Ann Appl Biol 117:209–231Abdurrahman, H., B.

Hipp B W (1974) Influence of nitrogen and maturity rate on hollow stem in broccoli. Sci. Hort. 9:68-69.

Kowlenko, C.G. and J.W. Hall. 1987b. Effect of nitrogen application on direct seeded broccoli from a single harvest adjusted for maturity. J. Am. Soc. Hort. Sci. 112:9–13.

Letey, J., W.M. Jarrell, N. Valoras and R. Beverly. 1983. Fertilizer application and irrigation management of broccoli production and fertilizer use efficiency. Agon. J. 75:502–507.

Magnifico,V., V. Lattanzio and Guilio Sarli. 1979. Growth and nutrient removal by broccoli. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104:201–203.

Sterrett S B, K G Haynes, C P Savage Jr (2004) Cluster analyses on quality attributes identify broccoli cultivars suitable for early and main-season harvests on the eastern shore of Virginia. HorTechnology 14:376-380.

Wescott H C, N W Callan (1990) Modeling plant population and rectangularity effects on broccoli head wights and yield. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115:893-897.

Yanaguchi M (1983) World Vegetable Principles, Production and Nutritive values. AVI Publishing Company, INC. Wet Port, Connection, USA. 405 p.

CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA EN UN VERTISOL CULTIVADO CON MILPA INTERCALADA EN ARBOLES FRUTALES, EN LADERAS DE LOS TUXTLAS, VERACRUZ

Zetina-Lezama, R.[1*]; Uribe-Gómez, S.[2]; Zambada-Martínez, A.[3]

[1,2,3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, Ver., México.

*Autor responsable: zetina.rigoberto@inifap.gob.mx; km 34.5 de la Carretera Federal Veracruz–Córdoba. Mpio. Medellín de Bravo, Ver. C.P. 94270. Tel: 01 (229) 262 22 32 y 33.

Resumen

Para analizar el comportamiento de la materia orgánica (MO) en diferentes secciones de una ladera, en respuesta al sistema milpa intercalada en árboles frutales (MIAF) en: 1) chicozapote, 2) carambolo, 3) carambolo sin filtro de sedimentos y sin roturación del suelo, y maíz con labranza tradicional 4) fertilizado y 5) sin fertilizar, en un vertisol, con pendiente menor a 20%, ubicado en San Andrés Tuxtla, Ver., en la parte donante, media y receptora de terrazas de la parte alta, media y baja de la ladera se tomaron muestras de suelo en los estratos 0 a 5, 5 a 10 y de 10 a 30 cm. Los sistemas MIAF tuvieron mayor contenido de MO que los sistemas tradicionales (2.56 vs 1.26%). El MIAF con Chicozapote (T1), en la parte alta (3.09 vs 1.03%) y media (3.2 vs 1.3%) de la ladera, tuvo más MO que el sistema tradicional, con labranza mínima y fertilización (T4). Los estratos de 0 a 5 y 5 a 10 cm, con valores promedio similares de MO (2.3 y 2.12%), superaron los valores del estrato 10 a 30 cm (1.69%). T1 presentó el contenido más alto (2.83-3.04%) y una distribución más uniforme de la materia orgánica en todo el perfil, mientras que en T4 se obtuvo el valor más bajo (0.99%) en el estrato de 10 a 30 cm. La sección donante de la terraza fue la más pobre en MO, mientras que la receptora fue la más rica en las tres posiciones de la terraza.

Palabras clave:
MIAF; erosión; suelos tropicales

Introducción

En México, 61% del área con cultivos anuales está expuesta a un fuerte proceso erosivo por estar ubicada en terrenos con pendientes mayores a 4% (Turrent, 1986), especialmente en los trópicos, donde la lluvia ejerce una mayor presión erosiva sobre una capa arable casi siempre desprotegida. Cerca del 80% del territorio nacional muestra algún grado de erosión y 42% de los suelos han perdido de 25 a 75% de su capa superficial (Anaya, 1989). En la zona de Los Tuxtlas, Veracruz, las laderas cultivadas con maíz y frijol pierden, por erosión, alrededor de 146 t de suelo ha^{-1} $año^{-1}$ (Francisco *et al*., 2006); dado que el suelo removido incluye altas proporciones de material coloidal y nutrimentos, que constituyen la base fundamental de su fertilidad, esta es una de las razones por la cual, el rendimiento de los cultivos ha disminuido y los costos de producción se han incrementado significativamente. Esta problemática también tiene un alto impacto social, pues por esta causa los pequeños productores de esta zona, viven una severa crisis socioeconómica y alimentaria.

Una alternativa desarrollada por el INIFAP y el CP para mitigar el proceso erosivo en áreas de ladera, mejorar la fertilidad del suelo, aumentar las tasas de infiltración y retención del agua de lluvia, promover la diversidad e interacción entre cultivos, incrementar el ingreso, empleo familiar y la rentabilidad de las pequeñas unidades de producción, diversificar la alimentación de comunidades marginadas y optimizar el uso de los recursos suelo y agua, es la tecnología Milpa Intercalada en Árboles Frutales (MIAF) desarrollada en 2003 a partir de conocimientos previamente adquiridos con la tecnología de terrazas de muro vivo (TMV). El sistema MIAF incluye al maíz, una leguminosa comestible u otra especie anual de porte bajo, ambos en surcos intercalados, en micro-rotación anual, establecidos entre hileras de árboles frutales (Cortés *et al*., 2004). Para controlar la erosión hídrica del suelo, por el lado de arriba de los troncos de los árboles, cada año, se colocó un filtro de escurrimientos a base de rastrojo de cultivos y productos de la poda, horizontalmente entrelazados formando un triángulo rectángulo. Está demostrado que, en el mediano plazo, este sistema reduce las pérdidas de suelo a menos de 2 t ha^{-1} $año^{-1}$ y aumenta la eficiencia relativa de la tierra de 0.33 a 0.47 (Torres *et al*., 2008).

En la zona de Los Tuxtlas, en 2003, el INIFAP estableció un módulo experimental con el sistema MIAF. Después de 13 años de trabajo, se considera de gran importancia conocer el *status* actual de los principales indicadores de la fertilidad edáfica, en respuesta a los diferentes sistemas de manejo de cultivo a fin de obtener información que permita explicar el comportamiento productivo actual y futuro de los diferentes sistemas de manejo utilizados. La información también permite visualizar a futuro la problemática y su alternativa de solución que pueden ser desarrolladas en nuevas parcelas comerciales con el sistema MIAF. El objetivo del presente trabajo fue analizar el comportamiento de la MO en el mediano plazo, en diferentes partes de la ladera y secciones de la terraza, en respuesta a diferentes sistemas de manejo de cultivo en el sistema MIAF.

Materiales y Métodos

El módulo experimental MIAF se estableció en dos fechas (2003 y 2011) en un agroecosistema de laderas de la región de Los Tuxtlas, Ver., ubicado en Axochio, municipio de san Andrés Tuxtla, Ver., a una altitud de 60 m y 18° 20' 0.5" N y 95° 17' 57.7" W. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw2) (García, 1981), 2000 mm anuales, geomorfología de lomeríos con pendiente menor a 20% y vertisoles formados por el depósito de sedimentos en forma aluvial y por actividad volcánica (Comisión del Papaloapan, 1972).

En el ciclo primavera-verano de 2003 se establecieron los sistemas de manejo: 1) milpa intercalada (maíz-frijol) con chicozapote, 2) terrazas de muro vivo (maíz-maíz), 3) labranza de conservación (maíz-maíz) y 4) labranza convencional o tradicional (maíz-maíz). En el ciclo primavera-verano de 2011, los manejos 2 y 3 cambiaron al sistema MIAF con carambolo (Cuadro 1); los sistemas de manejo o tratamientos evaluados fueron establecidos en campo con un diseño sistemático, sin repeticiones.

Cuadro 1. Sistemas de manejo del suelo y tratamientos evaluados en el módulo experimental Axochio.

No. Trat.	Sistema de manejo[Z]	Año[#]	Especie frutal	Patrón de cultivo[Y]	Labranza[X]	Equipo de labranza	Ubicación de los residuos de cosecha
1	MIAF	2003	Chicozapote	M - M	Mínima-TM	Rastra pesada	Filtros de sedimentos
2	MIAF	2011	Carambolo	M - M	Mínima-TA	Arado reversible	
3	MIAF-LC	2011	Carambolo	M - M	Sin roturación	Ninguno	Superficie del suelo
4	LT-SF	2003	No aplica	M - M	Mínima-TM	Rastra pesada	Quema de residuos
5	LT-CF	2003	No aplica	M - M	Mínima-TM		

[Z] MIAF: milpa intercalada en árboles frutales, LC: labranza de conservación, LT: labranza tradicional, SF: sin fertilización, CF: con fertilización. [Y] M - M: maíz sucesión maíz y M - F: maíz relevo frijol. [X] TM: tracción mecánica y TA: tracción animal. # Año de establecimiento del sistema

El sistema MIAF consiste en tres franjas contiguas de 4.8 m de ancho; en las dos franjas laterales se sembró maíz en surcos separados a 0.8 m.; la franja central fue ocupada por árboles frutales sembrados a 1 m de distancia y 14.4 m entre hileras de árboles. El primer surco de maíz quedó a 2.8 m del tronco de los árboles en ambos lados de la franja. Los frutales, con una densidad de 694 árboles ha^{-1}, fueron acotados a la franja de 4.8 m, mediante el sistema de conducción y poda tipo Tatura modificado, permitiéndole una altura máxima de 3 m (Cortés *et al*., 2004).

Todos los tratamientos, excepto T3, fueron roturados una vez al año, con una sola labor realizada al inicio del temporal, el tipo de implemento utilizado en esta labor y el manejo del rastrojo de maíz se describe en el Cuadro 1. En T3 (MIAF-LC), la preparación del suelo y el control de maleza se realizó con Glifosato, 2,4-D amina y Paraquat con las dosis recomendadas por los fabricantes.

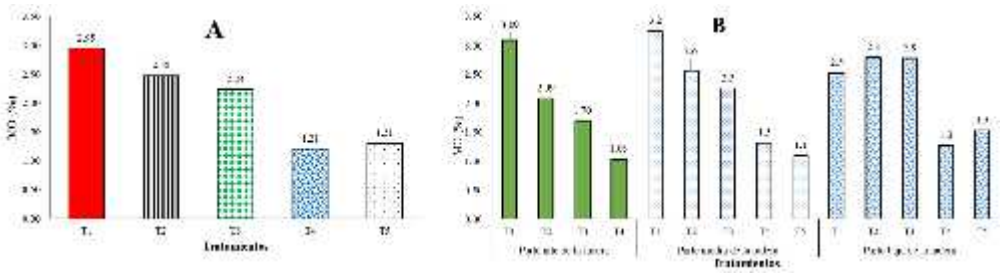
En T1 se tienen tres hileras al contorno, con 216 árboles de chicozapote (*Manilkara zapota*), con una longitud de 72 m y 43.2 m de ancho (3 110 m^2). T2 y T3 ocupan un área experimental de 1 440 m^2, con 25 m de longitud y 57.6 m de ancho, con cuatro hileras al contorno de carambolo (*Averrhoa carambola*). En conjunto, T4 y T5 (Sistema Tradicional) ocupan un área experimental de 1 440 m^2, con 25 m de longitud y 57.6 m de ancho. En todos los tratamientos, la longitud se expresa en el sentido transversal de la pendiente y el ancho en la dirección de la pendiente del terreno.

El muestreo de suelo se efectuó en septiembre de 2015 con una barrena de acero inoxidable tipo Veihmeyer. En cada tratamiento se seleccionaron nueve secciones ubicadas en la parte donante, media y receptora de las terrazas de la parte alta, media y baja de la ladera. En cada sección se tomaron muestras compuestas (15 submuestras) a una profundidad de 0 a 5, 5 a 10 y de 10 a 30 cm. La muestra colectada en la sección donante se tomó entre los surcos de maíz 1 y 2, en la sección media entre los surcos 4 y 5; y, debajo del filtro, a 20 cm, aguas arriba de los troncos de los árboles, en la sección receptora. Las muestras se enviaron al Laboratorio de Agua, Suelo y Planta del Campo Experimental Cotaxtla, para evaluar su contenido de MO de acuerdo con la metodología aprobada por la NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2000). Los resultados fueron ordenados por tratamientos, profundidad de muestreo, sección de la terraza y ubicación de la terraza en la ladera para obtener los valores medios, desviación estándar y límites máximo y mínimo de cada rango.

Resultados y Discusión

Los valores promedio de MO variaron de 1.21 a 2.95% en T4 y T1, respectivamente (Figura 1A); en promedio los tratamientos con sistema MIAF presentaron un mayor contenido de MO (2.56%) que los sistemas tradicionales (T4 y T5) que promediaron 1.26%. En el sistema MIAF, el T1 mostró 0.71% más materia orgánica que T3, en el cual, a diferencia de T1, el suelo no fue roturado y no contó con el filtro de sedimentos. El menor contenido de MO presente en los sistemas tradicionales debe ser atribuido a la quema de residuos orgánicos con la que se destruye hasta el 95% de la cobertura vegetal (Hernández y López, 2002) y la erosión del suelo que en esta región remueve hasta 146.24 t de suelo ha^{-1} $año^{-1}$ (Francisco *et al*., 2006) en la cual se pierde una parte importante de la fracción coloidal orgánica de la capa arable del suelo.

Figura 1. Contenido de materia orgánica del suelo (0-30 cm), en cinco sistemas de manejo de un vertisol (A) y en tres diferentes posiciones de una ladera ubicada en la región de Los Tuxtlas, Ver.



NOTA: T1= MIAF establecido en 2003+ Chicozapote + CF + M-M + LMTM; T2= MIAF establecido en 2011+ Carambolo + CF + M-M + LMTA; T3 = MIAF establecido en 2011+ Carambolo + SF+ M-M + Sin roturación; T4: ST + M-M + LMTM+ Fertilización; T5 = ST + M-M + LMTM+ Sin fertilización. MIAF= Milpa intercalada en árboles frutales, CF= Con filtro, SF = Sin filtro, M-M = patrón de cultivo maíz-maíz, LMT A/M= Labranza mínima de tracción animal/mecánica, SR = Sin roturación, ST = Sistema tradicional.

La mayor acumulación de MO orgánica en T1 se explica por el mayor tiempo (13 años) de permanencia y estabilidad del sistema, y el efecto que el filtro de sedimentos tiene sobre el escurrimiento superficial que proviene de la sección donadora y media en cada terraza; un comportamiento similar, aunque menos pronunciado se observó en T2 (establecido en 2011) que también cuenta con un filtro de sedimentos, pero con sólo cuatro años de desarrollo. En T3, a pesar de que el suelo no fue roturado en los últimos cuatro años, la MO no se acumuló en ninguna sección de la terraza, incluyendo el área que ocupan los árboles frutales, debido a que, por la falta de un filtro de sedimentos, el agua de lluvia se movió libremente en la ladera provocando pérdidas importantes de suelo, nutrientes y MO. Estos resultados confirman la importancia del filtro de sedimentos en el sistema MIAF, con el cual se ha demostrado (Camas, 2012; Francisco *et al*., 2006) que es posible reducir significativamente el escurrimiento superficial y la pérdida de suelo por erosión dentro de los límites permisibles (menos de 12 t ha^{-1}; El-Eswify, 1993).

En general, el contenido MO fue ligeramente mayor en la parte baja (2.2%) que en la parte media (2.1) y alta de la ladera (1.98%). Este comportamiento es similar al observado por Camas (2012) en suelos de ladera de Jiquipilas, Chiapas; en ambos casos este comportamiento se explica por el transporte y depósito de sedimentos ricos en nutrientes y coloides orgánicos, ocasionados por la erosión hídrica de la parte más alta a la más baja de la ladera.

El T1 presentó un contenido de materia orgánica notablemente más alto que T4 en la parte alta (3.09 vs 1.03%) y media (3.2 vs 1.3%) de la ladera, mientras que en la parte baja la diferencia fue menos notable (2.5 vs 1.3%). Sin olvidar el impacto negativo de quema de residuos de cosecha realizada en el sistema tradicional (T4), la tendencia observada indica que la remoción de coloides orgánicos por escurrimiento superficial fue más intensa en la parte alta y media de la ladera, donde la longitud y el grado de la pendiente presentaron condiciones más propicias para que el escurrimiento superficial alcanzara una velocidad más erosiva tal y como lo discute Santacruz (2011) para diferentes microcuencas del país. Posiblemente esta sea una de las causas de que el suelo de las partes altas de las laderas sean los más deterioradas en su fertilidad química y en consecuencia los menos productivas.

En los tres niveles de la terraza T3, sin filtro y sin roturación de suelo, presentó un menor contenido de MO que T1 y T5 que contemplaron la remoción del suelo y el establecimiento de un filtro de sedimentos (Figura 1B). Los resultados confirman la importancia que el filtro de sedimentos tiene en

el control de la erosión del suelo (Martínez, 2004; Camas, 2012).

En general, el estrato superficial (0-5 cm) presentó un contenido ligeramente mayor de MO (2.3%) que el estrato de 5-10 (2.12%), y estos dos fueron muy diferentes a los valores encontrados en el estrato 10-30 cm (1.69%). Se ha observado que, en el mediano y largo plazo, los suelos en proceso de rehabilitación tienden a acumular pequeñas cantidades de materia orgánica en la capa superficial del suelo, especialmente si se utiliza un sistema de manejo de labranza mínima o sin la roturación del suelo. La baja velocidad de acumulación de materia orgánica en zonas tropicales contrasta con las observadas en áreas templadas debido a que la humedad y la temperatura dan lugar tasas más elevadas de mineralización de la materia orgánica.

El T1 presentó el contenido más alto (2.83-3.04%) y una distribución más uniforme de la materia orgánica en todo el perfil, mientras que en el T4 se obtuvo el valor más bajo (0.99%) en el estrato de 10 a 30 cm. De los tres tratamientos MIAF, el T3, sin filtro, ni roturación, presentó un valor más bajo de MO en todo el perfil; la diferencia más notable entre los tratamientos tradicionales ocurrió en el estrato de 0-5 cm donde T2 supero a T3 en 0.48% (Cuadro 2). El mayor contenido de MO en la capa superficial se debe a la acumulación de residuos orgánicos que son depositados por la erosión en la sección receptora de las terrazas, a los residuos de cosecha y de poda de árboles.

Cuadro 2. Contenido de materia orgánica en tres estratos de suelo, encontrado en cinco diferentes sistemas de manejo del suelo de laderas tropicales de la región de Los Tuxtlas, Ver.

Tratamiento	Contenido de Materia Orgánica (%) / Profundidad						Total
	0- 5 cm	Desviación	5-10 cm	Desviación	10-30 cm	Desviación	MO (%)
T1	2.99	1.36	3.04	1.70	2.83	1.58	2.95
T2	3.21	1.22	2.43	0.51	1.80	0.64	2.48
T3	2.73	0.54	2.31	0.53	1.68	0.60	2.24
T4	1.38	0.26	1.25	0.11	0.99	0.13	1.21
T5	1.22	0.46	1.58	0.09	1.15	0.70	1.31
Promedio	2.30		2.12		1.69		2.04

NOTA: T1= MIAF establecido en 2003+ Chicozapote + CF + M-M + LMTM; T2= MIAF establecido en 2011+ Carambolo + CF + M-M + LMTA; T3 = MIAF establecido en 2011+ Carambolo + SF+ M-M + Sin roturación; T4: ST + M-M + LMTM+ Fertilización; T5 = ST + M-M + LMTM+ Sin fertilización. MIAF= Milpa intercalada en árboles frutales, CF= Con filtro, SF = Sin filtro, M-M = patrón de cultivo maíz-maíz, LMT A/M= Labranza mínima de tracción animal/mecánica, SR = Sin roturación, ST = Sistema tradicional.

Sin excepción, la sección donante de la terraza fue la más pobre en MO, mientras que la receptora fue la más rica en las tres posiciones de la terraza (Figura 2). Este comportamiento fue más notable en los sistemas con filtro de sedimentos (T1 y T2); mientras que, en los que no incluyeron filtro, sólo se observó una ligera acumulación de MO en la parte baja de la ladera. La diferencia más fuerte (2.2 vs 5.8%) se observó en la parte media de la ladera del T1, mientras que en T3 las variaciones entre secciones de la terraza y la posición de la terraza en la ladera fueron relativamente bajas, con una mayor concentración de MO en la parte baja de la ladera. Los tratamientos tradicionales (T4 y T5) presentaron los valores más bajos en todas las posiciones de ladera. Las concentraciones más altas de MO se encontraron los estratos de 0-5 y 5-10 cm de la sección receptora de la terraza de T1 y T2; en la sección receptora de T3 también los contenidos de MO fueron altos, pero la diferencia con las otras secciones de la terraza fue sensiblemente menor.

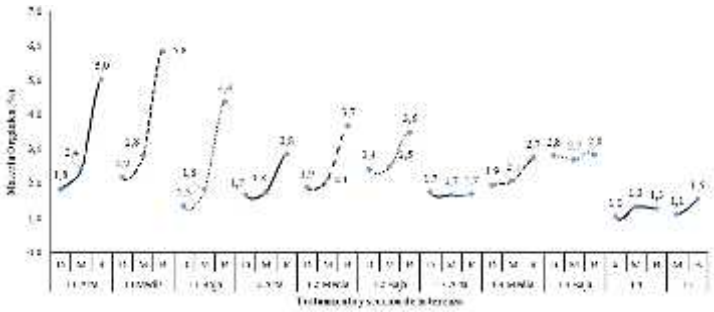


Figura 2. Contenido de Materia orgánica (%) en diferentes secciones de la terraza y posiciones de la ladera en cinco sistemas de manejo de un suelo de ladera de la región de Los Tuxtlas, Ver. NOTA: T1= MIAF establecido en 2003+ Chicozapote + CF + M-M + LMTM; T2= MIAF establecido en 2011+ Carambolo + CF + M-M + LMTA; T3 = MIAF establecido en 2011+ Carambolo + SF+ M-M + Sin roturación; T4: ST + M-M + LMTM+ Fertilización; T5 = ST + M-M + LMTM+ Sin fertilización. MIAF= Milpa intercalada en árboles frutales, CF= Con filtro, SF = Sin filtro, M-M = patrón de cultivo maíz-maíz, LMT A/M= Labranza mínima de tracción animal/mecánica, SR = Sin roturación, ST = Sistema tradicional.

Conclusiones

Los sistemas de manejo con MIAF presentaron un mayor contenido de MO que los sistemas tradicionales (2.56 vs 1.26%) que incluyen la quema anual de residuos de cosecha. El sistema MIAF, sin roturación del suelo y filtro de sedimentos, registró un menor contenido de MO que los sistemas que si contemplaron estos componentes. El contenido MO fue ligeramente mayor en la parte baja (2.2%) que en la parte media (2.1) y alta de la ladera (1.98%). El sistema MIAF, establecido en 2003 con Chicozapote, filtro de sedimentos y labranza mínima con tracción mecánica, presentó un contenido de MO más alto que el sistema tradicional, con labranza mínima de tracción mecánica y fertilización química, en la parte alta (3.09 vs 1.03%) y media (3.2 vs 1.3%) de la ladera. Los estratos de 0 a 5 y 5 a 10 cm presentaron un contenido similar de MO (2.3 y 2.12%, respectivamente), y fueron más altos que los encontrados en el estrato 10 a 30 cm (1.69%). El T1 presentó el contenido más alto (2.83-3.04%) y una distribución más uniforme de la materia orgánica en todo el perfil, mientras que en el T4 se obtuvo el valor más bajo (0.99%) en el estrato de 10 a 30 cm. La sección donante de la terraza fue la más pobre en el contenido de MO, mientras que la receptora fue la más rica en las tres posiciones de la terraza.

Referencias

Anaya, G.M. 1989. Global assessment of soil degradation in México, GLASOD Project, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Montecillo, México 106 p.

Camas, G.R., A. Turrent F., J.I. Cortes F., M. Livera M., A. González E., B. Villar S., J. López M., N. Espinoza P., P. Cadena I. 2012. Erosión del suelo, escurrimiento y pérdida de nitrógeno y fósforo en laderas bajo diferentes sistemas de manejo en Chiapas, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 3 (2): 231-243.

Comisión del Papaloapan. 1972. Estudio agrológico semidetallado del proyecto de riego de Hueyapan de Mimendi. Veracruz, México. 55 p.

Cortés, F.J.I., R. Mendoza R., E. Hernández R., E. Aceves R., A. Turrent F. y N. Estrella Ch. 2004. Manual para Técnicos. El sistema Milpa Intercalada en Árboles Frutales (MIAF) en terrenos planos. Colegio de Postgraduados, Puebla, México. 70 p.

El-Swaify, S.A. 1993. Soil erosion and conservation in the humid tropics. In: World soil erosion and conservation. Pimentel, D. (ed.). University Press. Cambridge, U.K. 233-235 pp.

Francisco, N.N., A. Turrent F., J. L. Oropeza M., M.R. Martínez M. y J.I. Cortés F. 2006. Pérdida de suelo y relación erosión-productividad en cuatro sistemas de manejo del suelo. Terra Latinoamericana 24: 253-260.

García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 3ª. edición. UNAM. México, D.F. 252 p.

Hernández, V.I., D. Lopez H. 2002. Pérdida de nutrimentos por la quema de la vegetación en una sabana de Trachypogon. Revista Biológica Tropical 50(3/4): 1013-1019

Martínez, M.M. 2004. Proyecto manejo sustentable de laderas. Caracterización geográfica y medición de escurrimientos. Informe 2004. Colegio de Postgraduados. http://www.colpos.mx/proy_rel/ladera/SubproyectoA.htm

Santacruz de L., G. 2011. Estimación de la erosión hídrica y su relación con el uso de suelo en la Cuenca del Río cahoacán, chiapas, México. Rev. Aqua-LAC 3 (1):45 - 54.

SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación, 31 de diciembre 2002. 85 p.

Torres, Z.J.P., J.I. E F., A. Turrent F., E. Hernández R. y A. Muratalla L. 2008. Rendimiento de fruto y número de ramas principales en árboles de durazno intercalados con milpa. Terra Latinoamericana 26:265-273.

Turrent, F.A. 1986. Estimación del potencial productivo actual de maíz y frijol en la República Mexicana. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México.

División IV:

EDUCACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA

NEUTRALIZAR LA DEGRADACIÓN DE LA TIERRA. OPORTUNIDADES Y RETOS PARA MÉXICO

López-Santos A.

Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Km. 40 Carretera Gómez Palacio-Chihuahua. Bermejillo, Dgo. CP. 35250. Tel +52 01(872) 776-0160, 90. Miembro de la IWG-UNCCD

Autor correspondencia: alopez@chapingo.uruza.edu.mx**.**

Resumen

Neutralizar la degradación de la tierra (LDN, por sus siglas en inglés), planteado por la Convención Marco de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación (UNCCD), de la que México forma parte, es un concepto moderno q
ue va más allá del recurso edáfico, que expresa una meta aspiracional a nivel global. De ponerse en marcha, implicaría detener o revertir la tendencia de disminución de calidad de los espacios físico-bióticos (agua-suelo-planta-atmosfera) que sostiene el funcionamiento de los ecosistemas, de manera que esto permita conseguir un estado de equilibrio suficiente para mantener un nivel de salud ecosistémica y una garantía en la seguridad alimentaria para las generaciones futuras. El objetivo del presente ensayo es analizar las posibilidades que tiene México para poner en marcha los principios y acciones necesarias para prevenir, detener y revertir el ritmo de degradación de la tierra. Un breve análisis de las circunstancias, tanto a nivel global como en el contexto de México, vislumbra dificultades para asumir los retos que permitan implementar las medidas de adaptación a los efectos de la degradación de la tierra, así como impulsar medidas de mitigación en el corto plazo.

Palabras clave

Calidad de la tierra, espacios biofísicos, salud ambiental

Introducción

La tierra y los recursos de la tierra se refieren a un área definible de la superficie del globo terrestre, abarcando todos los atributos de la biosfera inmediatamente por arriba y por debajo de esa superficie, incluyendo aquellos atributos climáticos cercanos a la superficie, el suelo y las formas del terreno, la superficie hidrológica, –incluyendo lagos poco profundos, ríos, humedales y pantanos- las capas sedimentarias cercanas a la superficie y el agua subterránea asociada y las reservas geohidrológicas, las poblaciones animales y vegetales, los modelos de asentamientos humanos y los resultados físicos de la actividad humana pasada y presente (FAO-UNEP, 1997).

En la actualidad el 23% de la superficie del planeta presenta algún grado de degradación con tasas estimadas entre 5-10 millones de ha, afectando alrededor de 1.5 billones de personas a nivel mundial (Stavi y Lal (2014). El origen de ésta problemática es multifactorial y al mismo tiempo multifacético, donde se combinan con distinto orden y magnitud las políticas públicas (gobernanza), la cultura de uso, manejo y protección de los recursos naturales, el medioambiente, las características

biofísicas del territorio y la variabilidad climática (UNCCD, 2015).

Entre los años 70´s y 90´s del Siglo XX se identificaron y reconocieron por su magnitud a nivel global cuatro tipo de degradación: 1) erosión hídrica (10.9 x 10^8 ha); 2) erosión eólica (5.5 x 10^8 ha); 3) degradación física (2.4 x 10^8 ha); y 4) degradación química (0.8 x 10^8 ha); magnitudes que varían de un país a otro (Gnacadja, 2012); por ejemplo, se ha documentado que la problemática de la erosión ante una tendencia de mayor variabilidad climática, se ha acentuado en México, que presenta problemas de degradación en el 44.9% de su superficie, apareciendo la erosión hídrica como la segunda en importancia con el 11.9% del total nacional (SEMARNAT, 2008; SEMARNAT, 2011; SEMARNAT-INECC, 2012).

México como parte de la Convención -desde su creación en 1994 con 194 países miembros- ha contribuido como Región Latinoamericana en la construcción de acuerdos encaminados fortalecer a la filosofía de la sustentabilidad y la promoción de medidas de mitigación de los efectos de la degradación tierras en sus diferentes formas (FAO-UNEP-CONAZA, 1994; Carabias, 2005; UNCCD, 2011). Se sabe que el origen de ésta problemática entre los países es multifactorial y al mismo tiempo multifacética, donde se combinan en distinto orden y magnitud: las políticas públicas (gobernanza), la cultura de uso, manejo y protección del medioambiente, las características biofísicas del territorio y la variabilidad climática (UNCCD, 2013a).

LDN pues, debe ser reconocido como el resultado de un gran debate basado en información sobre la magnitud del deterioro, actual y tendencias probables, de los recursos naturales que comprometen la calidad de vida de las generaciones futuras (UNCCD, 2102; UNCCD, 2015); por ello, el objetivo del presente documento es analizar las posibilidades que tiene México para poner en marcha los principios y acciones necesarias para prevenir, detener y revertir el ritmo de degradación de la tierra.

Importancia de la degradación de la tierra

La degradación de la tierra bajo el enfoque de la UNCCD (2013a,b) se define como: "*pérdida o reducción en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas, de la productividad biológica o económica y complejidad, de la agricultura de temporal y de riego, agostaderos, tierras forestales y bosques, resultado de los usos de la tierra o una combinación de procesos, incluyendo aquellos derivados de actividades humanas y patrones de habituales de: 1) Erosión del suelo por agua o viento; 2) Deterioro de las propiedades físicas, químicas, biológicas del suelo; y 3) Pérdida de la vegetación a largo plazo*."

La UNCCD (2013a), menciona además que la degradación es la resultante de dos factores fundamentales: variaciones climáticas (VC) de larga y corta duración y actividades humanas; las VC de corta duración se distinguen por sequías y ondas de calor, afectando de diversas formas la estabilidad de sistemas socio-ecológicos (SSE). Se ha documentado que en los SSE de las tierras secas, ocupan aproximadamente el 45% de la superficie del planeta donde habitan alrededor de 2 mil millones de personas, representando el 33.8% de la población mundial (Cruse, 2012; Al-Kaisi *et al*., 2012; UNCCD, 2013b).

En el reporte más reciente de Nkonya *et al* (2011) sobre la valoración de la degradación global de la tierra (GLADA, por sus siglas en inglés), este problema se estima en alrededor de 1964 millones de ha, superficie en la que contribuyen en mayor medida (83.6%) los dos tipos de erosión reconocidas: hídrica y eólica, con el 55.7 y 27.9%, respectivamente; enseguida con el 15.9% se encuentran los dos tipos de degradación más importantes: química y física con 11.8 y 4.02%, respectivamente. La regiones que presentan los mayores impactos para los cuatro tipos de degradación son por orden de importancia: Asia, 38%; África, 25.2%; América Latina, 15.6%; y Europa, 11.3%; las regiones con el menor grado de degradación de sus territorios son: Australia-Pacífico, 5.2%; y América del Norte, 4.9%.

Aunado a lo anterior, Stavi y Lal (2014) mencionan que la degradación de la tierra al sumar los cuatro valores relativos de severidad definidos en la valoración de la degradación global de la tierra (GLADA, por sus siglas en inglés) como: ligera, moderada, severa y muy severa, muestran que de mayor a menor grado se encuentran: Europa (91%); Centro y Sudamérica (77%); Asia-Pacífico (73%); África, Norte y medio Este (71%); África Sub-Sahara (67%), Norte América (48%) y Norte de Asia (47%); de los que destacan por el grado de severidad de degradación de la tierra los países africanos ubicados en alrededor del desierto del Sahara.

Además de lo anterior, se reconoces que los impactos directos del cambio climático en los sistemas naturales, económicos y en la salud humana por altas temperaturas y cambios en los patrones de lluvia, son cada vez más evidentes, siendo el sector de la producción primaria uno de los más afectados; las ondas de calor, la sequía y los incendios forestales han sido una combinación adversa para la estabilidad de los SEE alrededor del mundo (Cruse, 2012; Al-Kaisi *et al*., 2012; Lal *et al*., 2012).

En el transcurso de una década (2000-2010) se han registrado temperaturas extremas con más frecuencia (IPCC, 2012); por ejemplo, en China, más de 400 millones de habitantes se ven afectados por la desertificación, que genera una pérdida económica directa anual superior a 10 mil millones de USD, en tanto que en la India, las pérdidas debidas a la erosión se han multiplicado por seis entre 1989 y 1994 (UNCCD, 2013b). Para ilustrar situaciones críticas ocurridas y que podrían repetirse con más frecuencia, la Convención de Naciones Unidas para el Combate a la Desertificación ha concentrado la siguiente información (UNCCD, 2013b).

Reto global

El reto global es pues revertir la tendencia de la degradación asumiendo los costos que esto representa; por ello, desde el Reporte de la Comisión Brundtland se ha promovido la necesidad, entre los países miembros de la ONU en el marco de las premisas planteadas en el documento: "El Mundo que Queremos" (ONU, 1987), de realizar valoraciones en un marco de referencia que tenga en consideración la pregunta: ¿Qué pasaría y cuáles serían los costos si desde ahora "tomamos cartas en el asunto" o no hacemos nada? (Nkonya *et al*., 2011; UNCCD, 2015).

Esto significa que desde ahora deberá considerarse el costo de los daños al medioambiente para empezar a hacer enmiendas o no hacer nada, pero en cualquier caso asumir las consecuencias. Por ejemplo, si tomamos en cuenta el reporte del Producto Interno Bruto (PIB) de los 194 países legalmente reconocidos en la ONU, monto total para 2013, según el Banco Mundial (BM, 2015), fue de 509.26 billones de dólares americanos (BUSD), de tal forma que a precios actuales y tomando en cuenta diversos estudios recientes una aproximación sería la siguiente:

Dregne y Chou (1992) en un estudio sobre la dimensión de la desertificación global plantearon que el costo mundial para ese entonces fue de 42 BUSD, lo cual a precios actuales representa el 8% del PIB; asimismo en una compilación realizada por Nkonya *et al* (2011), reportan que para 24 países el costo aproximado de la degradación entre 1992 y 2007 fue de 30.1 BUSD, cantidad que representaría el 5.9% del PIB; en tanto que Stern (2007) planteó que para mitigar los efectos del cambio climático sería requerido el 1%., lo que a precios actuales representa 5.9 BUSD.

La UNCCD (2014b) ubica tres rubros estratégicos a nivel global que conciernen de igual manera a otras Convenciones como la de Diversidad Biológica (CDB) y la de Cambio Climático (CMNUCC) que tiene que ver con: seguridad alimentaria, seguridad al agua, y migración, cuyo diagnóstico de referencia es el siguiente: 1) La seguridad alimentaria en la actualidad tiene una pérdida paulatina de la productividad debido a la degradación de la tierra estimada entre 3-5%, lo que representa alrededor de 490 billones de USD por año; 2) La seguridad hídrica como una necesidad

básica presenta alto riesgo en el corto plazo, pues se estima que al 2025 más de 2.4 billones de personas alrededor del mundo podrían vivir en áreas sujetas a periodos intensos de escases de este preciado recurso; y 3) La migración vinculada a muchos factores, se estima que en los siguientes 10 años 50 millones de personas podrían estar en riesgo de desplazamiento. Lo cual podría ser mayor si continúa la degradación de la tierra en las tasas actuales, por lo que el manejo sustentable de la tierra podría ofrecer una opción concreta más allá de "lucha o volar".

Reto de México

El reto de México en la meta aspiracional LDN planteada, implica revertir la tendencia de la degradación de la tierra mediante acciones concertadas entre el gobierno y los diversos sectores de la sociedad (FCCT, 2012), primordialmente con los afectados y grupos interesados, como las Organizaciones no Gubernamentales y académicos, en formar parte de acciones de mitigación y adaptación (UNCCD-IWG, 2015). La estimación de costos de la degradación de la tierra, no sería tanto problema, ya que a decir de Almagro (2004) en México existe una larga tradición en elaboración de cuentas nacionales, iniciadas desde 1980 por el Banco de México, y a partir de 1983 forma parte de las actividades del INEGI.

Es así que, como parte de los productos del Sistema de Cuentas Nacionales de México, el INEGI presenta las "Cuentas económicas y ecológicas de México" en valores corrientes, con lo cual es posible identificar el impacto ambiental de las actividades económicas, en cuanto al agotamiento de los recursos naturales y la degradación del medio ambiente (INEGI, 2013)

Durante 2013, el costo económico por los daños ambientales ocasionados por las actividades económicas fue del 5.7% del PIB a precios de mercado. Este rubro es equivalente a dos tipos de costos: 1) por el agotamiento de los recursos naturales que incluye hidrocarburos, recursos forestales y agua subterránea; y 2) por la degradación ambiental, que incluye degradación del suelo, residuos sólidos, contaminación del agua y contaminación atmosférica. Ambos cerraron con un monto de 909,968 millones de pesos (INEGI, 2013).

Sin embargo, la contabilidad ambiental en breve deberá considerar aspectos aún más complejos y de más alto costo socioecológico, derivado de la puesta en marcha de la Reforma Energética, pues como se sabe se reformuló el marco legal, no solo los petrolíferos, sino también los recursos concurrentes, ya que se expidieron nueve Leyes y se reformaron 12 Leyes concurrentes, donde destaca la Ley de Aguas Nacionales (SENER, 2014).

La extracción de gas natural mediante la técnica de perforación profunda y fractura hidráulica, conocida coloquialmente como "*Fracking*", prevista en la mencionada Reforma Energética, de llevarse a cabo, representa una de la mayores amenazas para grandes extensiones del territorio nacional, principalmente para el Norte árido de México, donde el agua como uno de los más preciados recursos podría verse seriamente comprometido por razones de cantidad y calidad. Se daría una competencia intersectorial por la disponibilidad del agua, por ejemplo agricultura vs. "*Fracking*", y la calidad del agua para el consumo humano y animal no sería garantizada, como ha ocurrido en casos semejantes (Osborn *et al*., 2011; Colborn *et al*., 2011; Small *et al*., 2014); por ejemplo, Osborn *et al*., (2011) en un estudio sobre el impacto de la extracción de gas mediante Fraking en Pensilvania y Nueva York, encontró concentraciones de metano 17 veces más altas, con hasta 64 mg L^{-1} que el promedio en el 85% de los pozos de abastecimiento de agua potable.

Conclusiones

La comunidad internacional desde hace tiempo ha reconocido a la degradación de la tierra como problema importante desde varios puntos de vista: económico, social y ambiental. La tendencia de degradación de la tierra dejar ver complicaciones futuras para la humanidad. Por el momento se estima que la filosofía del desarrollo sustentable y la aspiración LDN es alcanzable

siempre y cuando se toman medidas en el corto plazo, porque la acumulación de daños a los recursos naturales y el medioambiente podrían llegar a un nivel de entropía o nivel tal que sea imposible su recuperación.

México se encuentra en un nuevo paradigma, que no es ajeno a otros países en desarrollo, que buscan conciliar la política ambiental con las metas de crecimiento económico. Reto que deberá enfrentar desde ahora o asumir las consecuencias por la sobre-explotación evidente de los recursos de la tierra, de lo contrario LDN solo llegará a ser un mito genial.

Agradecimientos

El presente documento, parte de una experiencia vivida por el autor entre 2014 y 2015 como integrante del IWG-UNCCD, formado por 23 especialistas de cinco Regiones Continentales: África (3), Asia (5), Centro y Este de Europa (5), Oeste de Europa y otros grupos (5), y Latinoamérica y Caribe (5). Por ello, se agradece las facilidades otorgadas por parte de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), su carácter de Punto Focal de la UNCCD, para ser nominado y ser parte de dicho organismo internacional. Se agradece de manera especial a *Jorge Luis García González* de la CONAFOR, al Coordinador Regional de la UNCCD en Chile *Heitor Matallo*, así como a *Monique Barbut*, Secretaria Ejecutiva de la UNCCD, así como a los miembros del Secretariado, especialmente a *Sergio Zelaya* y *Sasha Alexander*. Finalmente, también se agradece a los principales responsables del IWG quienes asumieron con todo profesionalismo su responsabilidad en este organismo internacional, ellos son: *Nicholas Hanley* y *Bongani Masuku*, Coordinador y Vicecoordinador respectivamente.

Referencias

Al-Kaisi, M. M., R. W. Elmore, J. G. Guzman, H. M. Hanna, Ch. E. Hart, M. J. Helmers, E. W. Hodgson, A. W. Lenssen, A. P. Mallarino, A. E. Robertson, and J. E. Sawyer. 2012. Drought impact on crop production and the soil environment: 2012 experiences from Iowa. J. Soil Water Conserv. 68: 19-24.

Almagro V., F. 2004. Medición del desarrollo sustentable, reto de las cuentas nacionales. La experiencia de México en el cálculo del producto interno bruto ecológico. Rev. Latinoam. Econ. 35: 93-119.

BM (Banco Mundial). 2015. Indicadores PIB (US$ a precios actuales). http://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP. MKTP.CD (Consulta: marzo 27, 2015).

Carabias, J. 2005. Recursos naturales, desarrollo sustentable y educación: Una visión global. pp. 35-50. In: A. Barahona y L. Almeida (eds.). Educación para La Conservación. Coordinación de Servicios Editoriales, Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F.

Colborn, T., C. Kwiatkowski, K. Schultz, and M. Bachran. 2011. Natural gas operations from a public health perspective. Hum. Ecol. Risk Assess. 17: 1039-1056.

Cruse, R. M. 2012. Agriculture: Is climate change a serious issue? 3212 Agronomy/Iowa State University. Ames, IA, USA.

Dregne, H. E. and N. T. Chou. 1992. Global desertification dimensions and costs. In: Degradation and restoration of arid lands. Lubbock: Texas Tech. University. http://www.ciesin. columbia.edu/docs/002-186/002-186.html (Consulta: marzo 27, 2015).

FAO-UNEP-CONAZA (Food and Agriculture Organization of the United Nations - United Nations Environment Programme & Comisión Nacional de Zonas Áridas). 1994. Plan de acción para combatir la desertificación en México (PACD-MEXICO). Comisión Nacional de Zonas Áridas-Secretaría de Desarrollo Social. ISBN: 968-838-243-4. México, D. F.

FCCT (Foro Consultivo Científico y Tecnológico). 2012. Foro Nacional para la Elaboración del Programa Especial de Ciencia y Tecnología en Materia de Agua, realizado en la Ciudad de México el 23 de abril, 2012. Organizado por el Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C., la Comisión Nacional del Agua y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. http://www.foroconsultivo.org.mx/eventos_realizados/foro_agua_2012/pecyt_agua.pdf. (Consulta: septiembre 25, 2012).

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2013. Cuentas económicas y ecológicas de México 2013. Boletín de prensa núm. 554/14, Aguascalientes, Ags., México. http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/ Boletines/Boletin/Comunicados/Especiales/2014/diciembre/comunica7.pdf (Consulta: marzo 28, 2015).

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2012. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of working groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge, UK.

Nkonya, E., N. Gerber, P. Baumgartner, J. von Braun, A. de Pinto, V. Graw, E. Kato, J. Kloos, and T. Walter. 2011. The

economics of land degradation. Toward an integrated global assessment. Development Economics and Policy. Vol. 66.

ONU (Organización de las Naciones Unidas). 1987. Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Nota del Secretario General. Desarrollo y Cooperación Económica Internacional: medio ambiente. http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/42/427 (Consulta: marzo 27, 2015).

Osborn, S. G., A. Vengosh, N. R. Warner, and R. B. Jackson. 2011. Methane contamination of drinking water accompanying gas well drilling and hydraulic fracturing. PNAS 108: 8172-8176.

Peter Lang Publishing Group. Frankfurt, Alemania. Lal, R., J. A. Delgado, J. Gulliford, D. Nielsen, Ch. W. Rice, and R. S. van Pelt. 2012. Adapting agriculture to drought and extreme events. J. Soil Water Conserv. 67: 162-166.

SEMARNAT-INECC (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). 2012. México. Quinta comunicación nacional ante la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. SEMARNAT-INECC). ISBN: 978-607-8246-50-2. México, D. F.

SENER (Secretaría de Energía). 2014. Promulgación de la Reforma energética, Leyes secundarias. http://www.energia.gob.mx/webSener/leyes_Secundarias/ (Consulta: marzo 30, 2015).

Small, J. M., P. C. Stern, E. Bomberg, S. M. Christopherson, B. D. Goldstein, A. L. Israel, R. B. Jackson, A. Krupnick, M. S. Mauter, J. Nash, D. W. North, S. M. Olmstead, A. Prakash, B. Rabe, N. Richardson, S. Tierney, T. Webler, G. Wong-Parodi, and B. Zielinska. 2014. Risks and risk governance in unconventional shale gas development. Environ. Sci. Technol. 48: 8289-8297.

Stern, N. 2007. The economics of climate change: The stern review. Cambridge University press. UK.

UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification). 2011. Desertificación, una síntesis visual. Manual de la CNULD en español. ISBN: 978-92-95043-53-4. Luxemburgo.

UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification). 2012. Zero net land degradation. A sustainable development goal for Rio+20 to secure the contribution of our planet's land and soil to sustainable development, including food security and poverty eradication. Printed by Ediouro Grafica e Editora. ISBN 978-92-95043-62-6. Brasil.

UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification). 2013a. Desertification, a visual synthesis. United Nations Conventions to Control Desertification. UNCCD Publications. http://www.unccd.int/en/resources/publication/Pages/default.aspx (Consulta: julio 1, 2013).

UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification). 2013b. 2da Conferencia Científica de la CLD; Aspectos económicos de la desertificación, la degradación de las tierras y la sequía: Metodologías y análisis para la toma de decisiones. http://2sc.unccd.int/es/inicio. I (Consulta: marzo 28, 2013).

UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification). 2014a. Land degradation neutrality resilience at local, national and regional levels. United Nations Convention to Combat Desertification. UN Campus, Platz der Vereinten Nationen 1, 53113 Bonn, Germany.

UNCCD. 2015. Climate change and desertification: Anticipating, assessing & adapting to future change in drylands. Impulse 438 Report for 3rd UNCCD Scientific Conference on: Combating desertification/land degradation and drought for poverty 439 reduction and sustainable development: the contribution of science, technology, traditional knowledge and practices. 440 9-12 march 2105. Cancún, México. 142p.

DECAIMIENTO DE LA EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN

Rojas-Peña1, L.[1]; Covarrubias-Ramìrez, J. M.[2*]

[1]Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario 208. General Cepeda, Coahuila. México.
[2]C. E. Saltillo-INIFAP. Saltillo, Coahuila. México

* Autor para correspondencia: covarrubias.juan@inifap.gob.mx; Calle: Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 No. 9515, Col. Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. CP 25315; Tel. +52 01 (800) 088 2222 Ext 83525, 83501.

Resumen

Para demostrar que en la educación e investigación hay calidad con verdaderos maestros, se evaluaron cuatro teorías empíricas definidas como: La teoría del Yo Pensé, La teoría del Payaso Tontín, La teoría del Charro y Gandaya, y La teoría del Médico Asesino. Cuando se involucra personal sin el perfil en la toma de decisiones y se equivoca, dice Yo Pensé; cuando como estudiante se dedican a la socialización, en las reuniones cuentan chistes para situaciones que requieren resultados como un payaso tontín; cuando no se tiene una amplia experiencia y capacidad técnico-científica, y se tiene un puesto directivo, se toman las decisiones a su favor, sólo se habla y actúan de una manera ventajosa; y cuando se involucra una persona que no tiene el perfil en un trabajo y lo realiza con desconocimiento, puede causar daño a los cultivos en lugar de un beneficio. Las teorías cumplen con resultados para ser consideradas en la mesa de educación del congreso científico. Personal con lealtad y respeto a los lineamientos es lo que se requiere para mejorar la calidad y el conocimiento en la educación e investigación.

Palabras clave
Calidad; Conocimiento

Introducción

Para hablar de un tema, se deben tener antecedentes o mejor conocer la historia, después de la masacre del 2 de octubre de 1968 y la del 10 de junio de 1971, donde el gobierno ultrajo al movimiento estudiantil, después se creó una cortina de humo con base a declaraciones poco creíbles. Cuando inicia el decaimiento de la educación, ocurre el asesinato de Eugenio Garza Sada fundador del Tecnológico de Monterrey, el 17 de septiembre de 1973, estos acontecimientos hicieron que la educación pública se relajara y la educación privada tomara auge. Maestros como el Dr, Martínez, que era conocido como "Atila el rey de los UNOS", porque quien obtuviera una calificación más de 4 con él, era un buen estudiante, con un coeficiente intelectual superior a 180, el Dr. Narro que tenía el descaro de reprobar a los estudiantes, El Dr Lenon Cajuste, que su curso los iniciaba con academia básica y a la mitad del curso cuando los que no querían estudiar se deban de baja, el empezaba a dar su curso con academia aplicada, estos maestros así como muchos otros, tuvieron que relajar la educación porque ya no se podía exigir a los alumnos y porque no se inscribían en sus cursos.

Antes ser profesionista era un orgullo, por el esfuerzo que se tenía que hacer y eran pocos los profesionistas, pero como la constitución señala que la educación es gratuita, por lo cual los maestros ya no eran exigentes, a esto se le conoce como el relajamiento de la educación, hoy en día cualquiera

tiene una licenciatura, maestría o doctorado, pero sin calidad, porque en sus estudios las materias que cursan son las más fáciles y las mínimas necesarias como requisito para obtener el grado, ya no estudian para aprender.

En el Colegio de Postgraduados se imparte el curso Filosofía de la Ciencia EDA670D, la Filosofía de la Ciencias es el amor al conocimiento, durante siglos se ha perseguido, amedrentado, insultado, amenazado y asesinado a los filósofos que su único delito ha sido tener conocimiento para hablar con la verdad. Para la filosofía hay un dicho popular que dice: la verdad no ofende sólo incomoda a la deshonestidad. Para los religiosos las siguientes citas: "Y dijo al hombre: He aquí que el temor del Señor es la sabiduría, y el apartarse del mal la inteligencia." Job 28:28. "Y conocerán la verdad, y la verdad los hará libres" Juan 8:32, ¿Quién de ustedes me puede probar que soy culpable de pecado? Si digo la verdad, ¿por qué no me creen?. Juan 8:46.

En el XL Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo se presentó la conferencia magistral "Ética ambiental y el quehacer científico" donde se mencionó que se realiza evaluación por pares en el dictamen de artículos de la revista Terra latinoamericana, y se confía por su nivel académico en que los evaluadores tengan ética en su dictamen (Loredo, 2015).

El objetivo de este trabajo es presentar varias teorías empíricas para explicar la baja calidad de la educación e investigación y con base a los resultados demostrar que pueden ser teorías científicas.

Materiales y Métodos

Se utilizaran las siguientes teorías empíricas:

La teoría del Yo Pensé.- Esta consiste, cuando una persona o grupo de personas dan un veredicto sobre un tema sin tener el conocimiento académico adecuado, la especialidad del tema o la experiencia sobre la situación, afectando el desarrollo profesional de las personas que les afecta el veredicto.

La teoría del Payaso Tontín.- Es cuando en una reunión de trabajo y existe diversidad de opiniones, se complica para llegar a un acuerdo o llegar a un resultado, un miembro hace un chiste sin sentido e ilógico, lo que provoca que se pierda la atención se relaje el ambiente y no se llegue a un resultado.

La teoría del Charro y Gandaya.- Este es un concepto muy del norte de México, que se utiliza mucho en la universidades y en el área laboral, que consiste en personas que lo único que hacen es hablar sin sentido, sin lógica y sin conocimiento para lograr un beneficio para ellos en forma ventajosa o autoritaria. Como cualquier directivo sin la preparación y experiencia necesarias.

La teoría del Médico Asesino.- Esta teoría sirve para indicar el nivel de conocimientos de un académico y se basa en que cuando un paciente va con el médico familiar y le pide que se siente y le diga sus síntomas, para después darle una receta y le dice que venga después, comparado con un médico y el paciente le dice sus síntomas, el medico realiza ocultaciones y si detecta algo manda realizar análisis para poder dar un diagnóstico acertado y resolver el problema del paciente. Esto que ejemplifica el área de la medicina también sucede en el resto de las áreas del conocimiento.

Con un dendograma para demostrar la disimilaridad genética (OTUs) mediante RAPDs en una misma variedad de papa (CINESTAV-Irapuato, 1999) en esta teoría.

Estas teorías se evaluaran en una población de investigadores y académicos para determinar la calidad de estos y compararlos con lo descrito por CyranoskI (2012), Yong (2012) y Fanelli (2013).

Resultados y Discusión

En la teoría del Yo pensé, se utiliza a los grupos colegiados y evaluadores de personal sin el conocimiento académico y tecnológico. La NORMA Oficial Mexicana NOM-025-FITO-2000, para el establecimiento de zonas bajo protección y zonas libres de plagas cuarentenarias de la papa, es para que los productores no utilicen semilla contaminada, el programa nacional de papa en la subsede del CE Saltillo, genera variedades con resistencia o tolerancia a enfermedades, además de calidad y rendimiento del cultivo, pero por la evaluación de los clones en campo estos están sujetos a la incidencia de estas enfermedades (Rivera, 2001). Los investigadores que conocen saben que mediante termoterapia en laboratorio y mediante descarte en campo pueden mantener sus materiales sanos como banco de germoplasma, pero investigadores con doctorados y maestros en ciencias, decidieron de manera ejecutiva con una acta, que los materiales genéticos de papa fueran incinerados por presenta incidencia mediante análisis moleculares del 3 al 6 % de incidencia de punta morada, tomando en cuenta una norma para productores y no para investigadores, perdiéndose así el material genético del programa de papa. Este es el mejor ejemplo que pueden estudiar en cualquier parte pero si no cumplen con el perfil y son serviles con los directivos y viles con los investigadores, su escusa es decir Yo Pensé.

El charro y gandaya en este acaso es un doctor egresado hace poco y como no conoce cómo se trabaja en la institución, por tener artículos científicos y publicaciones fue nombrado Presidente del Grupo colegiado de su institucion, su perfil debe ser de reconocido prestigio científico y ético de acuerdo a las evaluaciones internas del personal y haber sido responsable de al menos un proyecto de investigación en los últimos 2 años (INIFAP, 2008). Él se autoriza con apoyo de sus colegas, un trabajo sobre tamaño de macetas en el crecimiento de una cactácea (Castillo *et al*., 2015), pero los grados de libertad para tratamientos es 1 y para el error experimental es 187, lo que indica que este trabajo no debió realizarse porque ya de antemano se sabe que el tamaño de macetas es diferente, pero con los resultados de los que saben de invernaderos y macetas, se sabe que el manejo es diferente por el volumen de suelo (Claro-Cortés *et al*., 2002, Castro, 2004 y Covarrubias, 2005). Esta es una finísima persona, muy atenta, muy amable pero sin resultados sólo papel, es miembro del SNI como candidato, pero no cumple con los requisitos del perfil de ética, honestidad y respeto.

El Payaso Tontín, sobre la calidad en el estudio porque un doctor que tiene estudios con las materias más fáciles y las mínimas necesarias como requisito para obtener el grado y tarda cinco años en titularse, por lo que se dedican a la socialización (grilla) y hasta concejeros universitarios son y llegan a ser agresivos como "porros" al servicio de la universidad, cuando egresan les dan un puesto directivo por ser serviles con los directivos y viles con los investigadores y están en el SNI como candidatos con artículos que no tienen calidad, por culpa de ellos México sigue siendo tercer mundo, ya no estudian para aprender, estas personas por su socialización en las reuniones hacen chistes y conviven mucho en la bebida y hacen chistes, por eso existe una frase que dice "quien es el tonto el que dice las tonterías o el que la cree", por eso esta es una persona sin credibilidad, sin ética y respeto a su insitución, no cumple con lealtad a la institución y respetar los lineamientos. El bajo perfil por su falta de ética y honestidad es porque él está en el programa de hortaliza y frijol, pero por ser tontín se aprueba un trabajo con resultados en kg/rama en el cultivo de manzano, es una variable que no existe porque rama no es longitud, peso, volumen o tiempo y se califican con 9.0 por el grupo técnico científico del CE Saltillo donde en 2016 él es el presidente, por su socialización haciendo chistes como el payaso tontín.

Para explicar la teoría del médico asesino, por decisión propia y de los directivos, se hizo cargo de la producción in vitro de las variedades de papa Nieder, Bayonera y Nieder (Parga *et al*., 2007), cuando estas variedades fueron sembradas y en planta no cumplían con los descriptores varietales de estas, por lo que se procedió a realizar el análisis mediante RAPDs (Figura 1)

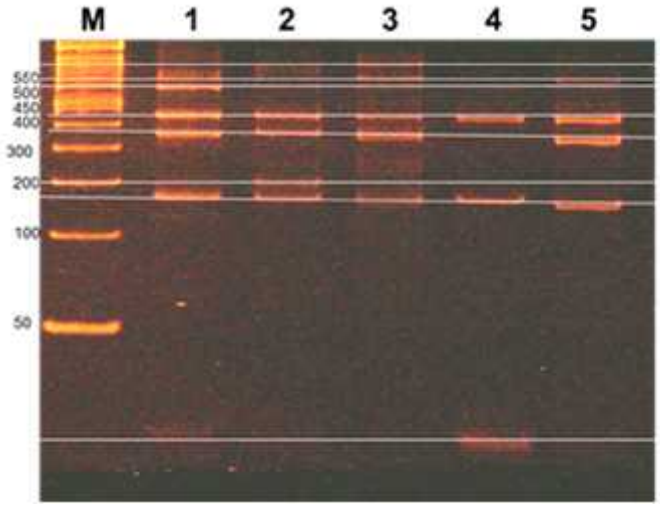


Figura 1. RAPDs en genotipos de papa. M: Marcador de peso Molecular Ladder 100, 1: Bayonera Variedad, 2: Bayonera Mini, 3: Nieder Variedad, 4: Nieder Mini, 5: Enrica Variedad

El clon de papa Bayonera presenta una similaridad entre la variedad y el mini tubérculo del 50%, el clon Nieder tiene una similaridad del 67%, y el clon Enrica, no se pudo evaluar porque no se contó con el análisis del mini tubérculo, si la similaridad entre un mismo individuo debe ser mayor al 95%, esto significa que la variedad y el mini tubérculo eran totalmente diferentes. Cuando se involucra un investigador que no cumple con el perfil porque es investigador forestal y no en hortalizas y sólo quiere producir artículos y no resultados (Villavicencio *et al*., 2007), se demuestra la falta de ética, honestidad y respeto a los que saben del cultivo. El presidente del comité local del XLI congreso, cuando era su estudiante me decía. "es de humanos equivocarse y es de sabios corregir", pero corregir no pedir perdón, como pueden ver existen muchos médicos asesinos que no cumplen con esta filosofía, con esto se demuestra que lo publicado por CyranoskI (2012), Yong (2012) y Fanelli (2013).

Conclusiones

Las teorías muestran resultados documentados para ser consideradas en este congreso científico en la mesa de educación. La calidad se muestra con la lealtad a la institución y el respeto a los lineamientos, con personal que tenga ética, honestidad y respeto a la educación y a la investigación. El trabajo científico debe realizarse en la realidad y con la verdad, no con la suposición, percepción y opinión, sino con resultados que tengan impacto y generen conocimiento.

Dado el contenido del artículo y la evidencia mostrada, el autor intelectual no es el autor principal por obvias razones, porque su servidor no puede hablar mal de la institución que representa porque él es la institución, simplemente se pone en evidencia a las malas contracciones que impiden el desarrollo profesional de los miembros de mi institución.

Agradecimientos

Al presidente del comité local del XLI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, porque su servidor como organizador de este evento en el comité nacional, me pidió que tuviera la mejor calidad, y como a él lo conozco por su calidad académica y como persona, le doy las gracias por todo lo que me ha enseñado.

Bibliografía

Castillo R., F; Ávila F., D. Y. y Castillo Q., D. 2015. Efecto del volumen de sustrato del diámetro de *Echinocactus grusonii* Hdim. In: Vázquez Navarro, Manuel; Puentes Gutiérrez, Judith; Martínez Ríos, Juan José; López Calderón, Magali Jeaneth; Vázquez Navarro, Mayarín de Jesús y Santana Rodríguez, Rolando (eds). Memoria XXVII semana internacional de agronomía. UJED-FAZ-DEP. Venecia Durango, México. 27:598-601.

Castro L., I. 2004. Eficiencia de recuperación y fisiológica de N y K de tres fertilizantes de solubilidad controlada. Tesis M. C. Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 80 p.

Cinvestav-Irapuato. 1999. Analysis and manipulation of plant genome. 4° International course memories. Irapuato, Gto. 97 p.

Claro-Cortés, P., R. Núñez-Escobar, J. D. Etchevers-Barra, P. Sánchez-García y J. Alvarado-López. 2002. Respuesta, en invernadero, del maíz al azufre en dos suelos del estado de Puebla, México. Agrociencia 36: 633-642.

Covarrubias R., J. M. 2005. Fertilizantes de lenta liberación y su evaluación agronómica con técnicas isotópicas en el cultivo de papa. Doctorado en ciencias en edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo de México. 172 p.

CyranoskI, D. 2012. Zero tolerance. Nature 481:134-136.

Fanelli, D. 2013. Redefine misconduct as distorted reporting. Nature 494 p 149.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2008. Lineamientos para la conformación y funcionamiento de Grupos Colegiados Científico-Técnicos en el INIFAP. México, D. F. 14 p.

Loredo Osti, C., Lara Mireles, J.L., Beltrán López, S. y Valdez Cepeda, R.D. 2015. Memorias del XL Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.

Parga T., V. M.; Covarrubias R., J. M.; Almeyda L., I. H.; Zamora V., V. M.; Villavicencio G., E. E.; Rivera P., A. y Rocha R., R. 2007. Nieder, Bayonera y Enrica, variedades de papa para consumo en fresco e industria. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto Técnico Núm. 28. Coahuila, México. 34 p.

Rivera P, A. 2001. Metodologías tradicionales usadas en el mejoramiento genético de papa en México. Libro técnico Núm. 3 CIRCE INIFAP. Metepec, Edo de Mex. 45 p.

Villavicencio G., E. E., J. A. Games V., M. A. Arellano G., H. I. Almeyda L. y J. Fernández E. 2007. Micropropagation in four potato genotypes and selection on vitroplants size like a survival ex vitro establishment. Acta Hort. No. 748. Pp. 223-227.

Yong, E. 2012. Bad copy. Nature 485:298-300.

DISEÑO DE UN PROCEDIMIENTO DE VALIDACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO TOTAL.

Martínez-Vargas, M[1].; López-Ibarra, J.[1];

[1] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, Aguascalientes. México.

*Autor responsable: jessica.lopez@inegi.org.mx; Calle Av. Héroe de Nacozari Núm 2301. , Col. Jardines del Parque, Aguascalientes, Aguascalientes. México. CP 20277; Tel. +52(449)-9105300 ext 5928

Resumen
El diseño de un procedimiento de validación para la determinación de carbono orgánico total en suelo que pueda ser adaptado a los laboratorios de ensayo químico que participan "Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur" tiene como objetivo generar evidencia del cumplimiento de los requisitos para el uso específico del método a confirmar y evaluar estadísticamente que los resultados proporcionados sean confiables.
La validación requiere un equilibrio entre costes, riesgos y posibilidades técnicas, es por ello que se requieren actividades como planeación, realización y control que faciliten el proceso.
Como resultados se presenta una propuesta de cómo evaluar los diferentes parámetros de validación principalmente el cálculo de la incertidumbre que por la complejidad de las muestras y la determinación mediante el analizador orgánico elemental al agrupar términos y calcular la incertidumbre de forma global.

Palabras clave
Validación de método; carbono orgánico total; autoanalizador elemental.

Introducción
El laboratorio de Análisis de Materiales como parte de la doceava Red dentro de la Estrategia Institucional de "Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur" en un esfuerzo de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en México, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Dicha red desempeña una importante labor de al proporcionar información que permite medir el contenido de carbono del suelo antes y después de implementar medidas o prácticas agrícolas que ayuden a conservar el carbono del suelo, para conocer el impacto que estas acciones tienen como medidas de mitigación y/o adaptación al cambio climático esto a través de le medición del carbono orgánico total en el suelo.

Al diseñar un método general de validación para la determinación de carbono orgánico total (TOC), que pueda ser adaptado a los laboratorios de ensayo químico que participen en la red, se podrá generar evidencia objetiva del cumplimiento de los requisitos para el uso específico que se le ha previsto y proporciona resultados confiables.

El ensayo de determinación de TOC mediante analizador elemental orgánico proporciona mejora en la rentabilidad y productividad el tiempo en el que se realiza el análisis de las muestras, proporciona resultados exactos y precisos y de los resultados obtenidos y aminora la exposición del personal a sustancias químicas.
Durante la validación los resultados obtenidos mediante el analizador orgánico elemental de una serie

de muestras de suelo se comparan mediante el método Walker y black propuesto en la NOM-021-RECNAT-2000.
La validación de la metodología permite confirmar mediante examen y aportación de datos, que el método analizado cumple con los requisitos para el uso específico que se le ha previsto, por ejemplo la matriz de suelos.
Diseño de la validación requiere un equilibrio entre costes, riesgos y posibilidades técnicas, es por ello que se requieren actividades como planeación, realización y control que faciliten el proceso (Sancho García, 2013).

Cuadro 1. Diseño de la validación. (Elaboración propia)

Planeación	Realización	Control
Asignación de responsabilidades, objetivos y requisitos.	Ejecución de actividades.	Comprobación del cumplimiento de objetivos.
Descripción y documentación del método.	Obtención de resultados	Implementación de herramientas de control en el método.
Desarrollo del protocolo de validación.	Registro y análisis de resultados.	Entrega de informe de validación.

Planeación
La asignación de responsabilidades.

Debe asignarse a una persona responsable del proceso de validación quien elabora el protocolo de validación, la solicitud de los insumos, el desarrollo experimental y el informe de validación. El analista será supervisado por quien reviso la documentación propuesta por si hubiera discrepancias al momento de la ejecución.

Descripción y documentación del método.

Se analiza detalladamente el método

a) Tipo de método con fin de determinar si es normalizado, modificado o desarrollado por el laboratorio.
b) Si genera resultados cualitativos o cuantitativos.
c) Descripción de las fases que conforman el proceso de ensayo.

Cuadro 2. Protocolo de validación (Vega Rodríguez, 2014).

Título	**Protocolo de validación. Señalando el nombre y clave del método que se pretende validar.**
1.Objetivo	Considerando los parámetros de desempeño y el analito.
2. Campo de aplicación	Especificar el tipo de matriz para el que aplica la validación.
3. Método de ensayo	Elaborar diagrama de flujo simplificado del método interno.
4. Equipo	Descripción general del equipo a utilizar en la validación.
5. Materiales	Relacionar el material de uso general y el volumétrico.
6. Reactivos	a) Indicar el nombre de los reactivos a utilizar y su grado. b) señalar los patrones a utilizar y su grado de pureza y concentración. c) Detallar la preparación de las soluciones de trabajo.

	d)Detallar la preparación de las soluciones de referencia. (curvas de calibración)
7. Muestras	Indicar las características, formas de almacenamiento y cantidades de muestra estimadas para llevar a cabo la validación. Detallar la preparación de los blancos.
8. Desarrollo experimental	Detallar las instrucciones para cada uno de los parámetros de desempeño.
9. Resultados.	Elaborar un formato de registro.
10. Criterios de aceptación	Criterios a cumplir con referencia bibliográfica.

Realización

Cuadro 3. Parámetros de validación (Vega Rodríguez, 2014).

Parámetro de validación	**Evaluación experimental**	**Cálculo/ determinación**	**Criterio de aceptación**
Intervalo lineal	Preparar 5 puntos de calibración y se miden por triplicado del material de referencia certificado de ácido aspártico. C=36.14%, H=5.31%, N=10.49%, O=48.09%	Gráficar la respuesta analítica vs concentración adicionada. Elaborar grafico de residuales. Calcular el intervalo de confianza del intercepto.	Comportamiento lineal en la gráfica de respuesta analítica vs concentración. b) Datos aleatorios en el gráfico de residuales. .
Intervalo de trabajo.	Utilizar los datos obtenidos de la estimación del intervalo lineal.	Calcular la cantidad recuperada para cada nivel y que cumplan con los criterios.	Pendiente cercano a uno. Coeficiente de correlación $r \geq 0.99$.
Límite de detección (LD) y límite de cuantificación (LC).	Utilizar los datos obtenidos de la estimación del intervalo lineal.	Calcular la pendiente (m) y la desviación estándar de la ordenada al origen sb_o a partir de la respuesta analítica vs nivel de concentración adicionado. $LD=3.3*sb_o/m$ $LC=10* sb_o/m$	Considerar como límite practico de cuantificación el nivel inferior estimado en el intervalo de trabajo.
Recuperación	Medir 10 repeticiones del material de referencia certificado suelo.	Recobro (%)= Promedio/valor asignado del material de referencia certificado.	95-102%(debido a que la concentración del analito es menor al 10%.
Sesgo	Medir 10 repeticiones del material de referencia	Sesgo %= (promedio - valor asignado del	

	certificado suelo.	material de referencia certificado)/ valor asignado del material de referencia certificado.	
Repetibilidad	Preparar 7 submuestras independientes del material de referencia certificado suelo. Durante 3 días midiendo solo un analista.	Realizar un análisis de varianza para saber si hay diferencia entre los días de medición.	No hay diferencia significativa entre los días de medición.
Reproducibilidad	Preparar 7 submuestras independientes material de referencia certificado suelo. Durante 3 días midiendo con diferente analista y método de medición.	Realizar un análisis de varianza para saber si hay diferencia entre los días de medición, el analista y el método de medición.	No hay diferencia significativa entre las variables evaluadas.
Incertidumbre	No aplica	Identificar las fuentes de incertidumbres del modelo matemático de la determinación. Calcular la incertidumbre estándar combinada y la incertidumbre expandida.	El criterio es establecido por el laboratorio en conformidad con el cliente. Se reporta la incertidumbre expandida con un factor de cobertura k=2 y un nivel de significancia del 95%.

Control.
El informe validación además de los 10 puntos considerados en el protocolo contiene lo siguiente:

Cuadro 4. Complemento del informe de validación (Vega Rodríguez, 2014).

11. Análisis de los resultados	**Presentar en forma de tabla los criterios de aceptación considerados y los resultados obtenidos y hacer las observaciones correspondientes.**
12. Conclusiones	Efectuar una conclusión final en donde se señale que el método s ajusta al uso propuesto.
13. Bibliografía	Referencias utilizadas.

14 Anexos	Base de datos generadas para el análisis estadístico. Cronogramas, resultados impresos, etc. Certificados de análisis o pureza. Certificados de trazabilidad. Certificados de calibración de material. Formato de verificación de material. Gráficos de control.

Tanto el protocolo y el informe de validación deben incluir las firmas de los responsables de elaboración, revisión y aprobación.

Materiales y Métodos

Materiales

Estándar de referencia certificado ácido aspartico C=36.09%, H=5.30%, N=10.52%, O=48.08% marca Thermofisher trazable al sistema internacional.
Estándar de referencia certificado suelo que tiene un valor de carbono 2.29 (% kg/kg), nitrógeno 0.21(% kg/kg).

Métodos

La determinación de materia orgánica del suelo se realizará a través del método AS-07, de Walkley y Black NOM-021-RECNAT-2000 (método de referencia).

Método de análisis elemental orgánico por mediante analizador de CHN de la serie Thermo Scientific FLASH 2000,

Resultados y Discusión

Durante el desarrollo del método se encontró que tiene la ventaja sobre el método Walkley y Black que existen menores fuentes de incertidumbre debido a que es un método semiautomatizado, que, aunque no se consideraron las fuentes al momento de la preparación, al ser una evaluación inicial se considera las principales, pero como posibles propuestas de mejora se puede evaluar desde la preparación ya con muestras proporcionadas por los clientes a fin también de considerar el muestreo. Las fuentes de incertidumbre de la concentración de carbono orgánico total en las muestras analizadas, son debido al proceso de pesada, las cuales dependen de la precisión y calibración de la balanza.

Las fuentes de incertidumbre del resultado final y el cálculo individual de cada una de ellas siguiendo el procedimiento bottom-up propuesto por la ISO resulta complejo. Al agrupar términos y calcular la incertidumbre de forma global, aprovechando la información que se ha generado durante el proceso de validación. Considerando 1) Precisión (variabilidad experimental del método precisión de la balanza), 2) Verificación de la trazabilidad (incertidumbre de la muestra patrón y la precisión del método), heterogeneidad de la muestra (analizando muestras de rutina desde la preparación) y otros términos (aplica cuando se analizan muestras que no corresponde a la matriz de patrón). (Sancho García, 2013).

El cálculo de la incertidumbre en la medición suele ser uno de los parámetros de validación que presentan mayor complicación puesto que la propuesta de la ISO resulta complejo y costoso, la propuesta es una estrategia que emplea los resultados de intercomparación.

Conclusiones

El diseño de un procedimiento de validación para la determinación de carbono orgánico total facilitara la ejecución de experimental de los parámetros, además el hecho de que exista un esquema de trabajo estructurado y regulado por normas e instancias gubernamentales dando criterios que validen los resultaos obtenidos con lo que se obtiene la evidencia objetiva de que cumple los requisitos para el uso propuesto del método.

Agradecimientos

Agradecemos a la Subdirección de Geohidrología su apoyo y respaldo para la participación en el XLI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo.

Referencias

Sancho L.2013. Diseño del un método general de validación de ensayos químicos de cementos. Escuela técnica superior de ingenieros de minas. Madrid. España.12:82-83.

Vega G. 2014. Criterios para la validación interna y confirmación de métodos físicoquímicos. Comisión de control analítico y ampliación de cobertura. 13-25

LA PRESENCIA DEL ARTE EN LA PROTECCIÓN DEL SUELO

Piña-Morales, V.

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM

*Autor responsable: pmorales.vero@gmail.com Calle Girasol Núm. 22, Col. El Potrero, Atizapán de Zaragoza, Estado de México. País México. CP 52975; Tel. +5211 06 25 45

Resumen

La importancia de la obra de arte cobra relevancia al quedar plasmada la situación del suelo a través de paisajes de forma temporal y atemporal. El estudio del suelo y su protección puede ser parte de la educación de estudiantes a nivel medio y superior, si se aborda desde el arte. Actualmente el recurso que se encuentra al alcance de los estudiantes en función de sistemas digitales en el caso de las TIC, es Art Project, en el cual se permite al joven generar la inmersión a la obra con una metodología textual y contextual, haciendo énfasis en el discurso de la imagen pictórica.

Palabras clave:
Arte, protección, significación, educación, suelo

Introducción

Los estudiantes al encontrarse inmersos en el uso de tecnologías y lenguajes digitales, requieren de nuevas formas de adquirir conocimientos sobre el cuidado del suelo, siendo ello prioridad en la preocupación por nuestro planeta. Es por ello que a través de sistemas tecnológicos y en este caso Art Project, que contiene una serie de obras de arte, a través de una metodología propia se puede trabajar la enseñanza aprendizaje con respeto al suelo haciendo uso del arte. Una nueva forma de inclusión interdisciplinar entre arte y ciencia.

Materiales y Métodos

Método de análisis de Jordi Llovet.
Elementos textuales y contextuales
Materiales ART PROJECT

Resultados y Discusión

Los alumnos a través de imágenes en un Museo virtual identificarán la obra de arte de manera general y la importancia del cuidado del suelo de manera específica. Está nueva forma de aprender servirá de apoyo al profesor e impactará significativamente en el estudiante.

Conclusiones

El uso de tecnologías digitales aunado con el lenguaje de la obra de arte, permitirá a los estudiantes contar con una conciencia sobre la problemática del suelo y sus posibles soluciones.

Referencias

Llovet, J. Ideología y metodología del diseño(2010).Editorial Gustavo Gili. Barcelona, España.

Licenciatura en Diseño y Comunicación Visual. Universidad Nacional Autónoma de México. (2012). Consultado el 12 de mayo de 2016. Disponible en http://www.cuaed.unam.mx/lic_diseno/

Historia de la visualización. Imágenes anáglifo. Consultado el 18 de julio de 2016. Disponible http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/Hardware/HistoriaVisual/3d-ti-congafas.html

Art Project . Consultado el 12 de mayo de 2016. Disponible en http://google-art-project.softonic.com/aplicaciones-web

SISTEMA DE GESTIÓN Y CONTROL DE UN INVERNADERO AUTOMATIZADO CON ARDUINO

Ruiz-Ortega, F.J.[1*]; Fortis-Hernández, M.[1]; Esquivel-Murillo, K.[1]; Preciado-Rangel, P.[1], Ibarra-Casiano,J[1], Rodríguez-Martínez, D.O.[1], Rodríguez-Torres, M.E.[1]

[1]Instituto Tecnológico de Torreón1. Torreón, Coahuila. México.

*Autor responsable: ruiz6812@hotmail.com; Calle Circuito Jazmín Núm. 320, Col. Fracc. Los Arrayanes, Gómez Palacio, Durango, México. CP 35074; Tel. +52(871)-104-2066.

Resumen

El presente proyecto es una propuesta de un prototipo de invernadero automatizado para el cultivo de hortalizas haciendo uso de la tecnología ARDUINO, con la finalidad de validar las bondades que ofrece la agricultura protegida medianamente tecnificada a los productores agrícolas, ya que con ello se tiene un control preciso de las variables ambientales (temperatura, humedad relativa, humedad del suelo, luminosidad) que intervienen en el buen desarrollo de la planta, obteniendo altos rendimientos y bajos costos de producción.

Uno de los principales objetivos del presente trabajo es dar una solución práctica a los problemas que presentan los invernaderos medianamente tecnificados, como el excesivo consumo de energía eléctrica, la mala lectura de las principales variables, desperdicio agua, uso excesivo de fertilizantes químicos.

Palabras clave

Arduino; Invernadero; Sensores; Temperatura; Humedad

Introducción

Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos relativamente sencillos. Hoy en día es cada vez mayor la accesibilidad a nuevas tecnologías inteligentes, las cuales podrían ayudar en distintas disciplinas en el campo laboral.

El presente trabajo propone la solución a un problema que existe en la utilización de invernaderos poco tecnificados con la intención de que esta tecnología pueda ser adoptada por los productores agrícolas.

Para ello la automatización es un sistema donde se trasfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos, por lo que es posible que diversos sistemas de producción sean tan precisos, rápidos y económicos.

Un invernadero (o invernáculo) es un lugar cerrado, estático, que se destina a la horticultura, dotado habitualmente de una cubierta exterior translúcida de vidrio o plástico, que permite el control de la

temperatura, humedad y otros factores ambientales para favorecer el desarrollo de las plantas, y de esta manera alcanzar alta productividad a bajo costo, todo el año, eliminando los riesgos de producción por condiciones ambientales adversas como lluvias, plagas y exceso de vientos perjudiciales.(BIDWELL, R. G. S. 1987)

La tecnología ARDUINO es una plataforma que favorece la automatización para el control de variables ambientales necesarias en cualquier tipo de hortaliza en un espacio cerrado (invernadero), además cuenta con una amplia gama de sensores compatibles de la misma familia reduciendo costos y tiempo a diferencia de otros.

Materiales y Métodos

Un microcontrolador es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica. Dispone normalmente de los siguientes componentes: Procesador o UCP (Unidad Central de Proceso). Memoria RAM para Contener los datos. Memoria para el programa, tipo ROM/PROM/EPROM. Líneas de E/S para comunicarse con el exterior. Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, Puertas Serie y Paralelo, CAD: Conversores Analógico/Digital, CDA: Conversores Digital/Analógico, etc.). Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.

Arquitectura.

Aunque inicialmente todos los microcontroladores adoptaron la arquitectura clásica de von Newman, hoy en dia se impone la arquitectura Harvard. La arquitectura de von Newman se caracteriza por disponer de una sola memoria principal donde se almacenan datos e instrucciones de forma indistinta. A dicha memoria se accede a través de un sistema de buses único (direcciones, datos y control). La arquitectura Harvard dispone de dos memorias independientes una, que contiene sólo instrucciones y otra, sólo datos. Ambas disponen de sus respectivos sistemas de buses de acceso y es posible realizar operaciones de acceso (lectura o escritura) simultáneamente en ambas memorias.

ARDUINO.

Arduino es una plataforma de hardware de código abierto, basada en una sencilla placa con entradas y salidas, analógicas y digitales, en un entorno de desarrollo que está basado en el lenguaje de programación Processing, la cual puede sentir y controlar el mundo físico a través de una computadora personal. Se puede usar para crear objetos interactivos, leyendo datos de una gran variedad de interruptores, sensores y controlar multitud de tipos de luces, motores y otros actuadores físicos. Los proyectos pueden ser autónomos o comunicarse con un programa que se ejecute en una computadora.

Elección de Arduino.

Para el prototipo de invernadero, se optó por utilizar el microcontrolador ARDUINO MEGA, por su accesibilidad en precio, y gran variedad de periféricos existentes para él. Dentro los periféricos tenemos los sensores de temperatura y humedad que ya viene con sus respectivos convertidores analógicos-digitales. Como cualquier controlador se programa, este de forma bastante sencilla es prácticamente directa, no como otro tipo de microcontroladores, que necesitan de hardware extra para su funcionamiento, viene con su placa como pines de salidas, que si no se integra en el microcontrolador se puede hacer por nosotros mismos.

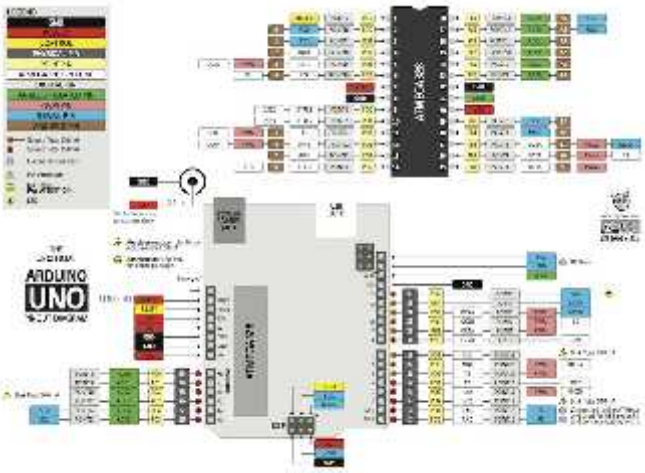


Figura 1. Arquitectura del microcontrolador arduino

Invernadero tipo Capilla

Se trata de una de las estructuras más antiguas, empleadas en el forzado de cultivos la pendiente del techo (cabio) es variable según la radiación y pluviometría (variando normalmente entre 15 y 35º). Las dimensiones del ancho varían entre 6 y 12m (incluso mayores), por largo variable. Las alturas de los laterales varían entre 2,0-2,5m y la de cumbrera 3,0-3,5m. Figura 2 (también se construyen más bajos que los señalados pero no son recomendables).

La ventilación de estos invernaderos en unidades sueltas no ofrece dificultades, tornándose más dificultosa cuando se agrupan formando baterías.

La cubierta de un invernadero es uno de los componentes más importantes a la hora de satisfacer las necesidades de cultivo. En ella factores como transparencia, retención de calor, el rendimiento térmico, flexibilidad, el envejecimiento o la resistencia al fuego son factores decisivos para escoger un buen material.

Debido a los muchos materiales que se pueden utilizar para las cubiertas de los invernaderos se ha puesto lo que es hule cristal que tiene una similitud con los invernaderos de gran escala como se muestra en la Figura 5.2 la cubierta.(REVISTA 2000 AGRO, Sección Hidroponía, Agosto 26, 2010.)

Figura 2.- Invernadero tipo capilla

Figura 3.- cubierta del Invernadero

La distribución de los sensores DTH11(Temperatura y humedad relativa), fue en forma de matriz, siendo un total de 6 sensores, encapsulados en un mismo mecanismo. Figura 4, Estos envían los datos al microcontrolador a cada 5 minutos, el cual a su vez los reenvía a un servidor web, donde se almacena y procesa para así poder tomar decisiones de activar o desactivar los actuadores correspondientes en función de lo programado, ya sea subir o bajar la temperatura y humedad relativa.

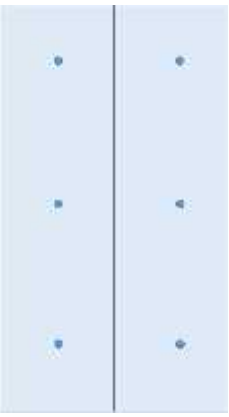


Figura 4.- Sensores de temperatura

Figura 5.- Sensores de fotorresistencias

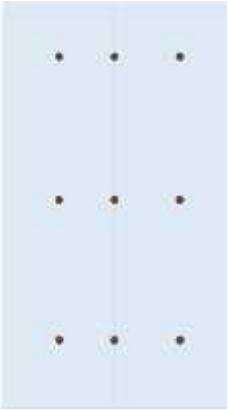


Figura 6.- Sensores de humedad del suelo

Los sensores de luminosidad o fotorresistencias (GL55) están distribuidos al igual que los de temperatura en forma de matriz siendo un total de 6 Figura 5. Estos captan la intensidad de la luz la cual es enviada al servidor web y en función de lo programado encienden o apagan lámparas de alta luminosidad distribuidas de manera uniforme sobre el invernadero, con la finalidad de mantener la cantidad de luz óptima para el buen desarrollo del cultivo.

Los sensores de humedad del suelo están distribuidos en forma de matriz siendo estos un total de 9 Figura 6, estos captan la humedad del suelo en base a la resistencia que se genera enviando los datos al servidor web, para su almacenamiento y procesamiento y así poder tomar decisiones sobre encender o apagar el sistema de riego, en función de las necesidades de la planta.

Resultados y Discusión

No todos los invernaderos son iguales, y las condiciones climáticas deben ser consideradas con la finalidad de seleccionar el mejor tipo de invernadero que mejor se adapte a las condiciones climáticas de la región.

El mayor conocimiento del efecto de la luz sobre las plantas, está dirigiendo los nuevos desarrollos de materiales hacia una modificación de la radiación incidente en los invernaderos para producir diferentes efectos como por ejemplo: antigoteó, antibotrytis, antivirus, etc. Los efectos pueden involucrar la reducción en el uso fitosanitario con el consiguiente beneficio ambiental por eso el uso de la automatización para beneficio de la misma hortaliza(LAGERWEFF, J. V. 1983).

Conclusiones

La agricultura bajo invernadero se está encaminando hacia un mayor control del clima, que implica mejoras en estructuras y materiales de estructuras, con mejoras de las propiedades mecánicas y de las propiedades ópticas. Sin embargo, no basta con sólo invertir en un invernadero que cumpla con los requisitos para el manejo de los factores de producción. Lo importante es realizar el control de estos factores, en forma oportuna y aplicando las técnicas adecuadas requeridas para cada cultivo, zona o tipo de instalación partiendo del uso del microcontrolador y hacer posible la automatización. Pero sobretodo con un uso eficiente de los recursos involucrados, tales como mano de obra y otros insumos.

Los nuevos desarrollos se encaminan hacia materiales que mejoran sus propiedades mecánicas y hacia una selectividad de la radiación (cantidad y calidad). La utilización de películas con aditivos que bloquean el pueden ayudar a disminuir las temperaturas máximas en el interior del invernadero sin tener que perder por ello parte de la radiación, que las plantas necesitan para su proceso vital, aprovechando la máxima intensidad de luz a primeras y últimas horas del día, y como resultado incrementando la producción, precocidad y calidad de las cosechas que de manera automatizada se obtiene estos resultados con mayor eficiencia para el cultivo como se implementó en este invernadero.

Referencias

REVISTA 2000 AGRO, Sección Hidroponía, Agosto 26, 2010. "Fracasa 60% de invernaderos por falta de capacitación UACh".

BIDWELL, R. G. S. 1987. Fisiología Vegetal. Traducido al español por CANO Y CANO, G. G; ROJAS GARCIDUEÑAS, M. AGT Editor. D. F., México. 784 p.

LAGERWEFF, J. V. 1983. Plomo, mercurio y cadnio como contaminantes ambientales, pp. 89-123. In: Micronutrientes en Agricultura. MORTVEDT, J. J.; GORDIANO, P. M.; LINDSAY, W. L. (eds.). AGT Editor, S. A. D. F., México.

http://gplsi.dlsi.ua.es/~slujan/materiales/cpp-muestra.pdf

http://axnm.galeon.com/#DEFINICION

http://www.slideshare.net/jornetmonteverde/introduccin-al-microcontrolador-msp430

Netrino. PWM Pulse Width Modulation. [citado 2014 14 Abril]; Available from:http://www.netrino.com/Embedded-Systems/How-To/PWM-Pulse-Width-Modulation.

Arduino. Arduino Duemilanove. [citado 2014 30 Marzo]; Available from: http://www.arduino.cc/es/Main/ArduinoBoardDuemilanove.

Real Academia de la Lengua Española. Visión. [citado 2014 17 Febrero]; Available from: http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=visión.