



Memoria del Congreso

Escritos en Extenso

DIVISIÓN I

DIAGNÓSTICO, METODOLOGÍA Y EVALUACIÓN DEL RECURSO SUELO

- GÉNESIS, MORFOLOGIA Y CLASIFICACIÓN DE SUELOS
- FÍSICA DE SUELOS
- QUÍMICA DE SUELOS
- CONTAMINACIÓN

Citar este documento como:

Flores, M.J.P., B. Corral D., P. Osuna A., J. Torres P., J. Valero G. y A.I. Flores A. 2014. *Division I, Diagnostico, Metodología y Evaluación del Recurso Suelo*. Pp.1-201, **In** 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.



DIVISIÓN I

ÍNDICE

Núm	Título de la ponencia y autor (es)	Pag.
1	CONDICIONES ACTUALES DE SALINIDAD DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA POZA DE ESCOBEDO, CUATRO CIÉNEGAS, COAH. Bolívar-Duarte, M.; Samaniego-Moreno, L.; Sandino-Salazar, R.; Quintero-González, M.	1
2	VARIABILIDAD FÍSICA DE SUELOS LEPTOSOLES DE YUCATÁN. Borges-Gómez, L; Yam-Chimal, C.; Osalde-Balam, M.; González-Valencia C.	6
3	INDICADORES BIOQUÍMICOS BAJO CONDICIONES DE SALINIDAD EN NOGAL PECANERO. Castillo- González J. ; Ojeda-Barrios, D.; Sanchez-Chavez, E.; Ruiz-Anchondo, T.; Parra-Quezada, R.; Guerrero-Prieto, V.	11
4	ESTIMACIÓN DEL FACTOR "R" DE LA ECUACIÓN UNIVERSAL DE PÉRDIDA DE SUELO (USLE) PARA EL ESTADO DE MORELOS. Cortés-Torres, H. G.; Rivera-Ruiz, P.; Wruck-Spillecke, W.; Gómez-Garzón A.; Cortés-Martínez, M. G.; Pacheco-Ramón P.	17
5	MEJORAMIENTO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS EN EL AGROSISTEMA ROSA (<i>Rosasp.</i>) EN LA LADERA ESTE DEL IZTACCIHUATL. Cortés Jiménez S.; Etchevers Barra J.D.; Hidalgo Moreno C.M.I.; Navarro Garza H.	23
6	ÍNDICE DE TOXICIDAD DE ABONOS ORGÁNICOS LÍQUIDOS PARA AGRICULTURA SOSTENIBLE. Cruz-Hernández J; Acevedo-Alcalá P; Cruz-López V; Báez-Cruz C. G.	29
7	LA FERTILIDAD DE SUELOS DEGRADADOS EN LA MIXTECA ALTA OAXAQUEÑA. Estrada-Herrera, I; Etchevers-Barra, J.; Hidalgo-Moreno, C.; Almaraz-Suárez, J.; Navarro-Garza, H; Guzmán-Plazola, R.	34
8	RESPUESTA DE <i>ASTRAGALUS MOLLISSIMUS</i> TORR. A MALAS HIERBAS DEL SUELO. Flores-Córdova, MA.; Sánchez-Chávez, E. Pérez-Leal, R.	39
9	PRODUCCIÓN DE METANO Y TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL CON DIFERENTES FUENTES DE MATERIA ORGÁNICA FECAL. García-Galindo O, Pedroza-Sandoval A., Trejo-Calzada R., Salazar-Meléndez E., Luna-Anguiano J.	44
10	EL AGAVE AZUL: LA DEGRADACIÓN DEL SUELO Y EL PROCESO DE CAMBIO DE USO. Guevara-Gutiérrez R.D., Olgúin-López J.L., Barreto-García O.A., Sandoval-Madrigal M.T., Talavera-Villareal A., Ramírez Romero J.M.	52
11	COMPARACIÓN DE DOS SENSORES PARA DETERMINAR LA HUMEDAD DEL SUELO. Lara-Herrera, A.; Ruvalcaba-Martínez, B.; Bravo-Lozano, A.G.; Oliveros-Sandoval, I.L.	57
12	PROPUESTA DE OBRAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS PARA EL PROYECTO GASODUCTO "SECCIÓN 2B" CHIHUAHUA. López-Santis, B.	62
13	CAMBIO CLIMÁTICO Y ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN EÓLICA EN EL NORTE DE MÉXICO. López-Santos A.; Martínez-Santiago S.; Esquivel-Arriaga G.	67
14	RESIDUALIDAD DEL INSECTICIDA TEMIK 15 G [®] EN SUELOS DE BAJA CALIFORNIA SUR. Loya-Ramírez, J. G.; Beltrán-Morales, F. A.; Ruíz-Espinoza, F. H.; Zamora-Salgado, S. Reyes-Sánchez, R. G.	72
15	PROPUESTA DE UN AHOYADOR NEUMÁTICO PARA SEMBRAR ÁRBOLES. Martínez-Suárez J. L.; Jiménez-Flores H.; Marroquín-Cortez G.	77



16	RELACIÓN DEL TIPO DE SUELO CON LA PRESENCIA DE TEJÓN (<i>TAXIDEA TAXUS</i>) EN EL ALTIPLANO POTOSINO-ZACATECANO. Martínez-Calderas, J.M., Palacio-Núñez, J., Martínez-Montoya, J.F., Clemente-Sánchez, F, Olmos-Oropeza, G.	82
17	MODELACIÓN ESPACIAL DE ATRIBUTOS NUTRICIONALES DEL SUELO. Martínez-Rosales, A.; Pinedo-Álvarez, A.; Hernández-Rodríguez, A.; Jiménez-Castro, J.; Manjarrez-Domínguez C.	88
18	ANÁLISIS ESPACIAL DE VARIABLES EDAFOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS PARA LA SELECCIÓN DE CULTIVO. Rodríguez-Reynoso, A.; Jurado-Zaragoza, L.; Rivera-Oloño, D.; Martínez-Rosales, A.	93
19	ANÁLISIS EDAFOLÓGICO EN LA PRODUCTIVIDAD DE CHILE PIQUÍN SILVESTRE EN EL NORESTE DE MÉXICO. Medina Martínez T., Osuna Ávila P., Mora Olivo A., Villalón Mendoza H., Sánchez Ramos G.	97
20	EFFECTO DEL CADMIO EN <i>Schoenoplectuspungens</i> Y SU CAPACIDAD DE REMOCIÓN EN AGUA. Mendez-Hurtado, C.A. Flores-Tavizón, E.; Flores-Margez, J.P.; Solis, S.; Yañez-Esponisa L.	103
21	EL PROGRAMA GLOBE Y LA EDUCACIÓN EN EDAFOLOGÍA. Mercado-Mancera, G.; Granados-Mayorga, A.K.; Trujillo-Estrada, C.E.; Maldonado-Salazar, T.N.J.; Contreras-Ortega, R.	109
22	VARIABILIDAD DE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE UN SUELO VERTISOL DE USO AGRÍCOLA. Mercado-Mancera, G.; Granados-Mayorga, A.K.; Piedre-Schubert. G.; Ramírez-Castañeda Y.; Valencia-Islas, C.E.	115
23	LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, APOYO EN LA ESTIMACIÓN DEL ESCURRIMIENTO MEDIO Y ZONAS DE USO POTENCIAL DEL SUELO. Olguín López J. L.; Guevara Gutiérrez R.D.; Meda F.; Ramírez Romero J.M.; Sandoval Madrigal M. T.; Talavera Villareal A.	121
24	PROPIEDADES FÍSICO GEOQUÍMICAS EN AEROSOL METÁLICOS Y TORMENTAS DE POLVO EN EL DESIERTO DE CHIHUAHUA Y EL LLANO ESTACADO. Peinado-Coronado, P.	127
25	RELACIÓN DE LAS COMUNIDADES VEGETALES CON EL SUELO EN EL ECOSISTEMA DESÉRTICO DE SAMALAYUCA, CHIHUAHUA. Quiñónez-Martínez, M.; Flores-Margez, J.P.; Hernández-Villalobos A.N.; Olivas-Sánchez, M.P.; Enríquez-Anchondo, I.D.	132
26	ADSORCIÓN DE CO ₂ EN SUELOS DE AGROECOSISTEMAS DE SAN JUAN AMECAC, PUEBLA, MÉXICO. Quiroz-Estrada, K.F.; Hernández-Espinosa M.A.; Rubio-Rosas, E.; Portillo-Reyes R.; López-Reyes, L.	138
27	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO Y EL FRUTO EN HUERTAS NOGALERAS EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA [<i>CARYA ILLINOINENSIS</i> (Wangenh) C. Koch]. Rangel-Rodríguez, C.A.; Carrillo-De la Rosa, L.A.; Álvarez-Parrilla, E. Flores-Margez, J.P.; García J.R.	143
28	FITOEXTRACCIÓN DE NI Y PB EN DOS ESPECIES DE <i>CHENOPODIUM</i> DURANTE LA ÉPOCA HÚMEDA EN EL VALLE DEL MEZQUITAL, IXMIQUILPAN, HIDALGO Ríos-Gómez, R.; Guerra-Coss, F.A.; Solano, E.; Zapata-Cruz, A	148
29	MICROALGAS NATIVAS DE CHIHUAHUA CON POTENCIAL DE SERVICIOS AMBIENTALES PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD ALIMENTARIA. Rivas-Caceres, R.; Cortes-Rodríguez, R.; Nevarez-Galvez, N.; Quiñónez-Martínez, M.	153



30	EFFECTO DE ACOLCHADO PLÁSTICO, ESTIÉRCOL SOLARIZADO Y POLÍMERO AGRÍCOLA EN LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE HUMEDAD Y MEJORAMIENTO DE SUELOS AGRÍCOLAS. Rivas-García, T.; Esquivel-Valenzuela, B.; Ávalos-de la Cruz, M.A.; García-Amador, C.L.; Cervantes-Medina M.; Hernández-Caldera, J.E.; Vázquez-Vázquez, C.	159
31	EROSIÓN HÍDRICA Y PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS EN LA CUENCA DE LA LAGUNA DE TUXPAN, GUERRERO. Rivera Ruiz, P.; WruckSpillecke, W.; Cortés Torres, H. G.; Ortega López, S. Díaz Gonzaga, J.; Bustos Díaz, J. I.	165
32	FABRICACIÓN DE MEMBRANAS PARA LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS EN SISTEMAS ACUOSOS. Roque-Ruiz, J. H., Reyes-López, S. Y.	171
33	ALERTA SOBRE PROCESOS EROSIVOS Y DESERTIFICACIÓN AL SUR DE LA CIUDAD DE PUEBLA, MÉXICO. Ruiz-Careaga J., López Reyes L. Tamariz Flores V., López García E. y Torres Trejo E.	176
34	VARIABILIDAD Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS AGRÍCOLAS DE LA COMARCA LAGUNERA. Ruiz-Ortega, F. J.; Fortis-Hernández, M.; Salazar-Sosa, C.; Chavaría-Galicia, J.A.; Preciado-Rangel, P.; Esquivel-Murillo K.; Ibarra Casiano J.L.	181
35	PREPARACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO USANDO RESIDUOS AGRÍCOLAS ABUNDANTES EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA. Torres-Pérez, J.; Soria-Serna, L.A.; Escobedo-Hernández, S.	186
36	ZONIFICACIÓN AGROCLIMÁTICA DE LA CUENCA DE MÉXICO. Villeda-Monsalvo, A.; Tijerina-Chávez, L.; Crespo-Pichardo, G.; Arteaga-Ramírez, R.	191
37	CONTROL DE CALIDAD EN EL ANÁLISIS DE SUELOS. PROGRAMA DE CALIDAD E INTERCOMPARACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELO Y PLANTA. Guerrero-Peña, A.; López-Romero, R. M; García-Rosales, M. E., Etchevers-B., J.D.	197



CONDICIONES ACTUALES DE SALINIDAD DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA POZA DE ESCOBEDO, CUATROCIÉNEGAS, COAH.

Bolívar-Duarte, M.^{1*}; Samaniego-Moreno, L.¹; Sandino-Salazar, R.¹; Quintero-González, M.¹

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. México.

*Autor responsable: m_bolibard@hotmail.com; Calle Lerdo de Tejada Núm. 570, Col. Centro, Saltillo, Coah. México. CP 25000; Tel. +52(844)-410-1072

Resumen

La salinidad del suelo es uno de los principales problemas que se tiene a nivel mundial, presentándose en zonas húmedas, en las costas por intrusión marina, lagos de agua salada, estuarios pero sobre todo en zonas áridas y semiáridas, el Valle de Cuatrociénegas no es la excepción, región que pertenece a estas últimas, mostrando diversos grados de afectación por las sales. Por lo anterior, los objetivos planteados fueron: determinar los niveles de salinidad del área de influencia de la Poza de Escobedo, clasificar el suelo y elaborar los planos de acuerdo a su nivel de ensalitramiento. Se perforaron 24 puntos de muestreo utilizando el método sistemático, se barrenó a una profundidad de 2 m haciendo la descripción del perfil por horizontes. Las muestras recolectadas se analizaron y se determinaron los parámetros de salinidad como pH, CE, cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+) y aniones (CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- y SO_4^{2-}) para la realización de los planos por salinidad. La superficie total analizada fue de 3.81 ha de las cuales 1.64 ha se clasificaron como suelo normal y 2.16 ha como salino en el primer horizonte; mientras que en el horizonte subsuperficial el 2.77 ha corresponde a suelo salino y el 1.03 ha de suelo normal, en ningún punto de muestreo hubo afectación por sodio (Na). Con los resultados obtenidos se concluyó que el suelo que predomina en la zona es salino, tanto en los horizontes superficiales como subsuperficiales, por lo que explica la presencia de gramíneas (*Sporobolus airoides*. Torr.).

Palabras clave

Zonas áridas; Salinidad; Cuatrociénegas; Poza de Escobedo.

Introducción

Uno de los problemas más comunes, en cuanto a degradación de tierra se refiere y que el hombre se ha tenido que enfrentar, ha sido el de prevenir, controlar o mejorar los suelos afectados por la salinidad. Cabe aclarar que estos tipos de suelo no son exclusivos de las zonas áridas y semiáridas, ya que esta condición también existe en zonas húmedas, en áreas adyacentes a las costas afectadas por fluctuaciones de mareas, lagos de agua salada o estuarios, ríos, arroyos y quebradas de aguas salobres. También ocurren en sitios de topografía baja, debido principalmente al manejo inadecuado de las aguas de riego o de lagos artificiales localizados en sitios altos (Manzano, 2012)



La salinidad en forma natural, según Otero y colaboradores (2007), está ampliamente distribuida en el globo terráqueo y se incrementa a medida que se presentan cambios climáticos mayores; procesos geomorfológicos de sedimentación, erosión y redistribución de materiales; así como cambios en la hidrología superficial y subterránea.

A nivel mundial aproximadamente 340 millones de hectáreas están afectadas. El 6 por ciento de la superficie de la tierra tiene niveles importantes de sales. La salinidad reduce la productividad de 20 millones de hectáreas irrigadas en el mundo. Los suelos con un alto contenido de sales, son un problema mundial ya que abarcan el 10 por ciento de la superficie en más de 100 países. La desertificación amenaza a una tercera parte de la superficie del mundo. En América Latina y el Caribe, aproximadamente el 47 por ciento de las tierras de pastoreo han perdido su fertilidad como resultado de la erosión, el sobrepastoreo, la salinización y la alcalinización (Feuchter, 2000).

En México se estima que existen aproximadamente 1.1 millones de hectáreas afectadas por salinidad y mal drenaje en las áreas dedicadas a la producción de cultivos importantes para la alimentación humana y animal lo que representa una baja importante en la productividad de los suelos (Coras *et al*, 2014).

Según el Personal del Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos (USSLS, 1982) existen tres categorías de suelos afectados por salinidad, en el Cuadro 1 se presentan los límites químicos generalmente aceptables para la clasificación de este tipo de suelos, en función de la conductividad eléctrica (CE), el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y el pH.

Cuadro 1. Tipos de suelos por contenidos de sales.

Tipo de suelo	CE dS.m ⁻¹	PSI (%)	pH
Normal	<4	<15	<8.5
Salino	>4	<15	<8.5
Salino- Sódico	>4	>15	<8.5
Sódico	<4	>15	8.5-10

Por lo anterior, dado que el problema de salinidad de suelos cobra importancia debido a la disminución de fertilidad del suelo y a las pérdidas económicas provocadas, los objetivos planteados en el siguiente trabajo fueron:

- Determinar los niveles de salinidad del área de influencia de la Poza de Escobedo.
- Clasificar el suelo de acuerdo a su nivel de ensalitramiento.
- Elaborar mapas de niveles de ensalitramiento del área bajo estudio.

Materiales y Métodos

El trabajo se llevó a cabo en el área de influencia de la Poza de Escobedo en el municipio de Cuatrociénegas, localizado en el centro del Estado de Coahuila, en las coordenadas Longitud $102^{\circ}59'10''W$ y Latitud $26^{\circ}59'10''N$, con una altitud de 740 msnm como se muestra en la Figura 1 (INEGI, 2009).



Figura 1. Localización del municipio de Cuatrociénegas, Coah.

El trabajo comprendió de dos etapas: de campo y de laboratorio.

Trabajo de Campo

La ubicación de los sitios o puntos de muestreo se realizaron con la ayuda de una estación total a una distancia de 50 m entre cada punto, dando como resultado una retícula de seis por cuatro (Figura 2) teniendo 24 puntos georreferenciados en una superficie total de 3.81 ha.

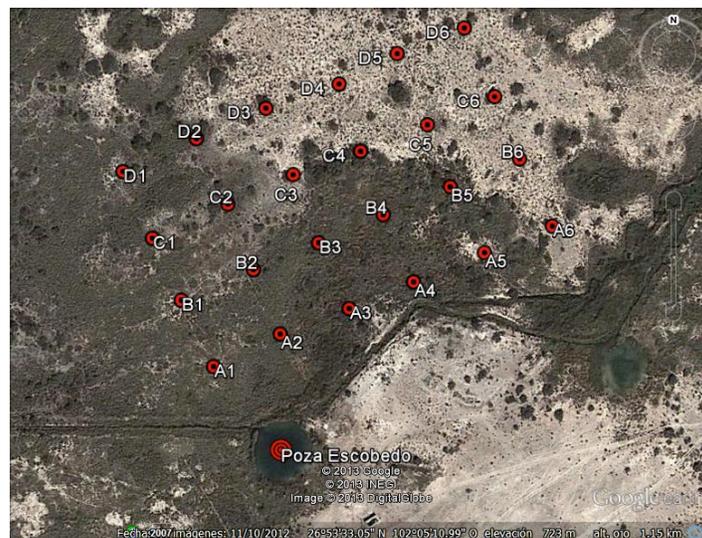


Figura 2. Ubicación de los sitios de muestreo y Poza de Escobedo.

El muestreo de suelo se realizó con barrena holandesa tipo abierta utilizando el método sistemático a una profundidad de 2 m, haciendo la descripción del suelo por horizontes. Las muestras recolectadas se prepararon su análisis.

Trabajo de Laboratorio

Una vez obtenido el extracto de saturación de cada una de las muestras de suelo se les determinaron los siguientes parámetros químicos: pH, CE, cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+) y aniones (CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- y SO_4^{2-}) en el Laboratorio de Calidad de Aguas del Departamento de Riego y Drenaje.

Resultados y Discusión

Con los datos de salinidad que resultaron del análisis químico de las muestras se elaboraron los siguientes planos (Figuras 3 y 4) de acuerdo a los criterios mencionados por USSLS (1982):

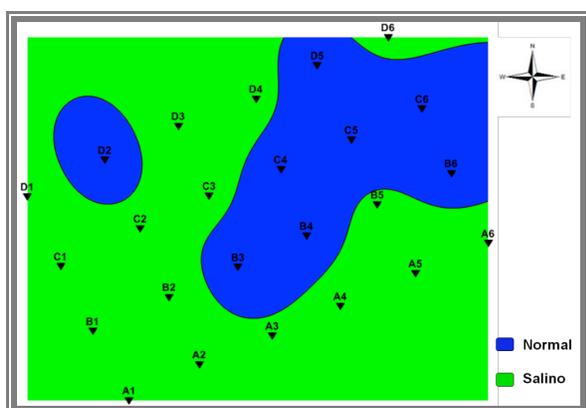


Figura 3. Plano de clasificación del suelo (salinidad superficial)

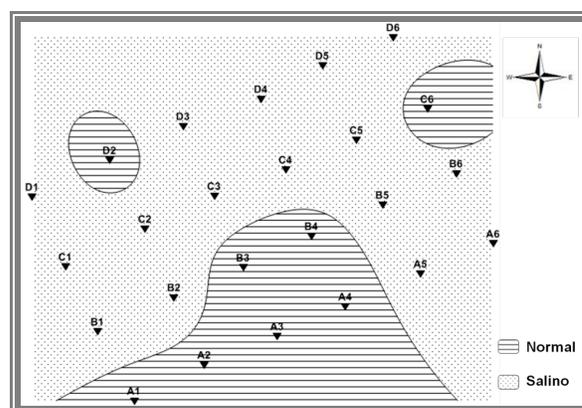


Figura 3. Plano de clasificación del suelo (salinidad subsuperficial)

En el primer plano se observa la salinidad superficial, dando como resultado que del área total, 2.16 ha (56.91%) corresponde a un suelo salino, mientras que 1.64 ha (43.09%) es de suelo normal. El segundo plano refleja la salinidad subsuperficial con 2.77 ha (72.8%) como suelo salino y 1.03 ha (27.22%) como suelo normal.

Cabe mencionar que en ningún sitio de muestreo el PSI fue mayor a 15.

Conclusiones

En el área de estudio domina el suelo salino tanto en los horizontes superficiales como subsuperficiales, por lo que se explica la presencia de gramíneas (*Sporobolus airoides*. Torr.).



Bibliografía

- Coras M., P. M., Ontiveros C. R. y Diakite D. L. 2014. Movimiento del agua freática y concentración de sales en suelos agrícolas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Vol. 5 Num. 4 p. 537-548.
- Feuchter, A.F.R. 2000. Recuperación de suelos salinos agrícolas, mediante el establecimiento de praderas bajo riego y cultivos alternativos. Diez acciones propuestas de Bioingeniería sostenible. Universidad Autónoma de Chapingo Centro regional Universitario del Noreste. Cd. Obregón, Sonora, Mex.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2009. Prontuario de información municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Cuatro Ciénegas, Coahuila de Zaragoza, México. Clave geoestadística 05007.
- Manzano B., J. I. 2012. Utilización de Metodologías Químicas y Físicas para la Recuperación y Manejo de Suelos Salino – Sódicos. Universidad Autónoma de Tamaulipas. México. 20 p.
- Otero, L., Alden, F., Galvez, V., Morales, R., Sánchez I., Labaur, M., Vento, M., Cintra, M. y Rivero, L. 2007. Caracterización y evaluación de la salinidad. Instituto de Suelos. Ministerio de la Agricultura, Cuba.
- Personal del Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos (USSLS) 1982. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Ed. Limusa, México.





VARIABILIDAD FÍSICA DE SUELOS LEPTOSOLES DE YUCATÁN

Borges-Gómez, L^{1*}; Yam-Chimal, C¹; Osalde-Balam, M¹; González-Valencia, C¹.

¹Instituto Tecnológico de Conkal. Divisional de Estudios de Posgrado

*Autor responsable: lizette_borges@hotmail.com; km 16.3 antiguacarretera Mérida-Motul, Conkal, Yucatán. México.
CP: 97345. tel: 52 999 9124130

Resumen

En el estado de Yucatán el 80 % de los suelos son Leptosoles particularmente en el centro y norte. En 2013 se sembraron 753,524.22 ha principalmente pastos, seguido de frutales y en menor escala diferentes especies hortícolas. Con el fin de conocer las condiciones físicas que prevalecen en estos suelos se colectaron 13 suelos clasificados como Leptosoles, siendo siete líticos y seis réndricos. Cada sitio de muestreo estuvo representado por tres muestras compuestas correspondiendo a cada muestra una repetición haciendo un total de 39 unidades experimentales a las cuales se les realizaron 9 características obteniendo un total de 351 determinaciones de características físicas evaluadas. Los resultados fueron analizados por estadística descriptiva. El CAMBIO CLIMÁTICO. 5% de los suelos fueron franco limoso y el 30.8% fueron limosos, solamente hubo un suelo arcillo-limoso. El pH fue de neutro a alcalino, la CE se encontró entre 0.09 y 0.6 dS m⁻¹, la porosidad entre el 62 y 78%, el contenido volumétrico de agua fue del 0.54 al 0.7 cm cm⁻³, la densidad aparente se encontró entre 0.58 y 0.93 g cm⁻³ y la densidad real entre 1.63 y 3.39 g cm⁻³. Solo en tres variables se observó elevado CV en CE (60%), en el porcentaje de arena (47%) y de arcilla (42%); en las demás variables el CV se encontró entre el 4 y 19%. Estos resultados muestran que suelos pertenecientes a una misma clase muestran consistencia en seis de los parámetros físicos evaluados y solamente en algunas características físicas del suelo existieron variaciones.

Palabras clave

lítico; réndricos; características físicas

Introducción

El suelo es un ente natural tridimensional, organizado e independiente, con unos constituyentes, propiedades y génesis que son el resultado de la acción de una serie de factores activos tales como el clima, organismos, relieves y tiempo que actúan sobre materiales pasivo siendo este la roca madre o material original. Por lo tanto el suelo muestra progresivamente alteraciones físicas y químicas de los materiales litológicos, bajo la influencia de factores biológicos y ambientales, y está caracterizado por un dinamismo permanente y un desarrollo peculiar a lo largo del tiempo.

La mayor parte del territorio Mexicano está dominado por cinco unidades de suelos: leptosoles (24% del territorio), regosoles (18.5%), calcisoles (18.2%), feozems (9.7%) y



vertisoles (8.3%) que, en conjunto, cubren casi las cuatro quintas partes del país (Semanart, 2002). Los Leptosoles son comunes en la Sierra Madre Oriental, la Occidental, la del Sur, el

Desierto Chihuahuense y la Península de Yucatán. En el estado de Yucatán más de 80% de los suelos corresponden a la unidad Leptosol (Peniche, 1994).

El uso de suelo predominante por la extensión que abarca es la vegetación secundaria, que se refiere a las asociaciones vegetales producto de una alteración o modificación de los ecosistemas originales del Estado. El segundo uso en orden de importancia es el agrícola, que comprende básicamente la superficie estatal que se destina a las labores del campo. En 2013 se sembraron 753,524.22 ha principalmente pastos, seguido de frutales y en menor escala diferentes especies hortícolas. Los objetivos del presente trabajo fue identificar a las características físicas que prevalecen en los suelos Leptosoly conocer la variabilidad existente entre estos suelos.

Materiales y Métodos

El estado de Yucatán está localizado entre los paralelos 19° 40' y 21° 37' latitud norte y los meridianos 87° 30' y 90° 26' latitud oeste. Dentro de estos límites se ubicaron 13 sitios en los cuales predominan los suelos Leptosoles encontrándose dentro de estos seis clases de Leptosoles Líticos y siete de Leptosoles Réndricos (Cuadro 1). El muestreo se realizó en una superficie promedio de 500 m². Para obtener las muestras compuestas se utilizó la metodología sistemática de muestreo que es una herramienta utilizada para reducir la variabilidad de las muestras (Petersen y Calvin, 1986) y consistió en dividir el lote en tres subunidades homogéneas, en cada una se tomaron 15 muestras simples de aproximadamente 500 g y a una profundidad de 0-15 cm.

La recolección en el campo fue haciendo un recorrido de zig-zag a intervalos fijos. Las 15

Cuadro 1. Ubicación geográfica de suelos Leptosol (Lítico y Réndrico) del Estado de Yucatán.

Suelo	LEPTOSOL LÍTICO			
	LN	LO	Clasificación FAO	Clasificación Maya
S1	20° 39' 01.06"	89° 36' 14.87"	Leptosol	Tzekellu'um
S2	21° 14' 53.90"	88° 49' 28.13"	Leptosol	Tzekel negro
S3	20° 29' 23.56"	90° 04' 39.84"	Leptosol	Tzekel
S4	20° 54' 8.7"	89° 32' 2.1"	Leptosol	Tzekel
S5	20° 50' 67"	90° 11.3' 64"	Leptosol	Tzekel
S6	20° 19' 53.57"	89° 39' 38.89"	Leptosol	Tzekel
	LEPTOSOL RÉNDRICO			
	LN	LO	Clasificación FAO	Clasificación Maya
S7	21° 48' 33.3 "	89° 42' 1.24"	Rendzina negra	Pus-Lu'um
S8	20° 30' 32.5"	89° 34' 47.67"	Rendzina	Chac-lu'um
S9	20° 09' 30.19"	89° 21' 5.2"	Rendzina	Boxlu'um
S10	19° 55' 5.24"	89° 03' 35.42"	Rendzina	Boxlu'um
S11	20° 52' 58.77"	88° 09' 2.77"	Rendzina negra	Pus-Lu'um
S12	20° 13' 47.5"	89° 07' 15"	Rendzina negra	Pus-Lu'um
S13	21° 11' 44.49"	87° 41' 20.1"	Rendzina roja	Chan-lu'um



muestras simples se mezclaron para formar una muestra compuesta y se redujo a un peso aproximado de 1 kg mediante el sistema de cuarteos diagonales (NOM-021-RECNAT-2000).

Cada sitio de muestreo estuvo representado por tres muestras compuestas correspondiendo a cada muestra una repetición haciendo un total de 39 muestras o unidades experimentales. Las muestras de suelo se secaron al ambiente bajo sombra por 72 h, extendiéndolas sobre papel con espesor inferior a 2.5 cm, temperatura no mayor a 35 °C y humedad relativa entre 30 y 70 %, evitando así cambios en sus características físicas y químicas; después fueron tamizadas con un tamiz con aberturas de 2 mm de diámetro. La obtención y preparación de las muestras así como las pruebas analíticas se realizaron de acuerdo con la norma oficial mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Se realizaron 9 pruebas analíticas para cada muestra, lo que hizo un total de 351 análisis. Los métodos analíticos fueron: para textura y porcentaje de partículas de arena, limo y arcilla se utilizó el hidrómetro de Bouyoucos, densidad aparente por el método de la parafina, densidad real por el método del picnómetro, la porosidad se obtuvo utilizando los valores de densidad aparente y densidad real, el contenido volumétrico de agua se obtuvo por diferencia de peso del suelo húmedo a capacidad de campo y suelo seco a 100 °C, el pH se obtuvo de una relación 1:2 y la conductividad eléctrica en una relación 1:5 de suelo y agua para ambas variable. Los resultados fueron analizados estadísticamente realizando las medidas de tendencia central (media, mínimos y máximos) y medidas de dispersión (coeficiente de variación y desviación estándar).

Resultados y Discusión

Los valores reportados en el Cuadro 2 muestran la variabilidad en los parámetros, la desviación estándar (DE) y coeficiente de variación (CV) indicando la dispersión o amplitud de estos en relación a la media. Cuando los suelos son agrupados en una sola clase de suelo (Leptosol) se observan altos valores de CV en las características de CE, arena y arcilla; los altos valores de CV en los análisis físicos del suelo ha sido reportada por diferentes autores, demostrando la variabilidad espacial existente en los suelos (Jarquín-Sánchez *et al.*, 2011; Navarro *et al.*, 2012). No obstante, cuando los suelos se agrupan por unidades (Líticos y Réndricos) esta variabilidad disminuye (Cuadro 3).

Cuadro 2. Valores obtenidos y estadística descriptiva de propiedades físicas de 13 suelos Leptosol del Estado de Yucatán

Parámetro	Media	Mínimo	Máximo	Error típico	DE	Nivel de confianza(95.0%)	CV (%)
pH 1:2	7.4	7	7.8	0.077	0.278	0.168	3.7
CE1:5 (dS m ⁻¹)	0.237	0.09	0.6	0.039	0.142	0.086	60.1
Arena (%)	26	11	48	3.387	12.2	7.4	46.7
Limo (%)	53	39	67	2.554	9.2	5.6	17.4
Arcilla (%)	21	13	46	2.457	8.9	5.4	42.2
Porosidad (%)	69	62	78	1.366	4.9	3.0	7.1
Θ (cm ³ cm ⁻³)	0.63	0.54	0.7	0.012	0.042	0.025	6.6
Da (g cm ⁻³)	0.76	0.58	0.93	0.032	0.115	0.070	15.1
Dr (g cm ⁻³)	2.51	1.63	3.39	0.132	0.477	0.288	19.0



Cuadro 3. Valores obtenidos y estadística descriptiva de propiedades físicas de los suelos Leptosol Lítico y Leptosol Réndrico del Estado de Yucatán.

Suelo	LEPTOSOL LÍTICO					
	pH (1:2)	CE 1:5 (dS m ⁻¹)	Porosidad (%)	Θ(cm ³ cm ⁻³)	Da(g cm ⁻³)	Dr(g cm ⁻³)
S1	7.2	0.6	67	0.66	0.72	2.21
S2	7.1	0.42	73	0.54	0.58	2.15
S3	7.7	0.26	72	0.61	0.72	2.59
S4	7.7	0.24	78	0.6	0.6	2.77
S5	7.2	0.12	67	0.61	0.78	2.39
S6	7.3	0.16	73	0.65	0.85	3.2
PROMEDIO	7.37	0.3	71.67	0.61	0.71	2.55
DESVEST	0.27	0.18	4.18	0.04	0.1	0.39
CV (%)	3.6	59.93	5.8	7.0	14.6	15.4
	LEPTOSOL RÉNDRICO					
	pH (1:2)	CE 1:5 (dS m ⁻¹)	Porosidad (%)	Θ(cm ³ cm ⁻³)	Da(g cm ⁻³)	Dr(g cm ⁻³)
S7	7.7	0.21	67	0.63	0.84	2.54
S8	7.8	0.21	65	0.61	0.58	1.63
S9	7.2	0.13	62	0.68	0.93	2.48
S10	7.6	0.13	74	0.66	0.88	3.39
S11	7	0.18	62	0.67	0.82	2.13
S12	7.7	0.33	66	0.63	0.77	2.23
S13	7.4	0.09	72	0.7	0.82	2.92
PROMEDIO	7.49	0.18	66.86	0.65	0.81	2.47
DESVEST	0.3	0.08	4.63	0.03	0.11	0.57
CV (%)	4	43.14	6.93	4.9	13.9	22.9

Las ligeras diferencias encontradas entre las dos tipologías del suelo se deben a las condiciones de formación; la Figura 1 muestra las variaciones de porcentaje de partículas para ambas tipologías. La arcilla que se encuentra en mayor proporción en los tipos Réndricos muestra mayor contenido volumétrico de agua; no obstante la porosidad es menor y la densidad aparente fue mayor en este tipo de suelo en comparación al tipo Lítico, esto se debe a la proporción de poros pequeños que retienen mayor humedad y es característico de los suelos con mayor arcilla. La clasificación textural de los suelos estudiados mostro que ocho suelos fueron franco limoso representando el 61.5% de los suelos; cuatro suelos fueron limosos representando el 30.8% y solamente hubo un suelo arcillo-limoso.

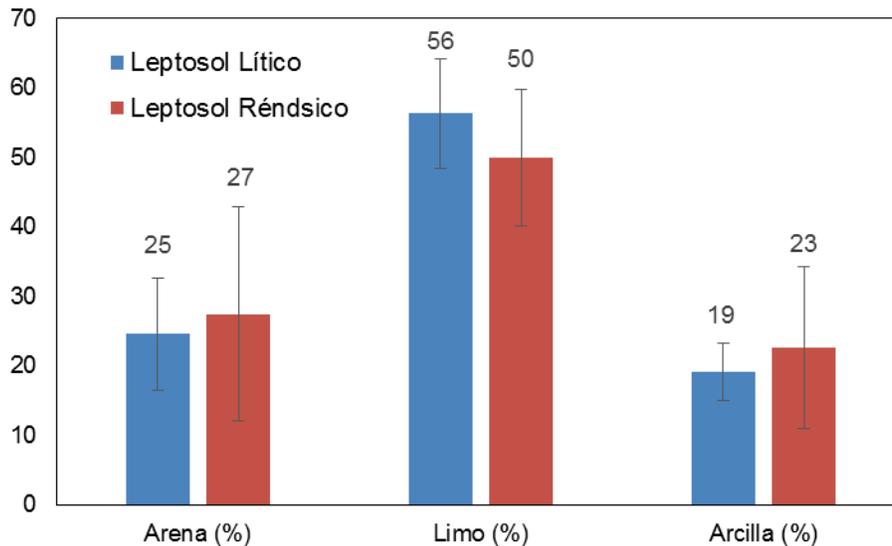


Figura 1. Porcentaje de partículas en suelos Leptosoles (las barras de error muestran la variabilidad existente entre un mismo tipo de suelo).

Conclusiones

Los suelos Leptosoles del estado de Yucatán muestran poca heterogeneidad en sus características físicas, las diferencias observadas son menores cuando se considera la tipología del suelo dentro de una misma clase.

Bibliografía

- Jarquín-Sánchez, A., S. Salgado-García, D.J. Palma-López, W. Camacho-Chiu, y A. Guerrero-Peña. 2011. Análisis de nitrógeno total en suelos tropicales por espectroscopía de infrarojo cercano (NIRS) y quimiometría. *Agrociencia* 45: 653-662.
- López J. 2005. Manual de Edafología. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla. http://datateca.unad.edu.co/contenidos/30157/AVA/Unidad_1/manual_De_Edafologia-Jordan.pdf.
- Navarro B., A.B. Figueroa, D.M. Sangerman-Jarquín, y 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* (4): 690-697.
- Peniche, N. (ed.). 1994. Riesgos y oportunidades para el campo yucateco. Gobierno del Estado de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Petersen R., G., and L. D. Calvin. 1986. Sampling. In: Klute, A. (ed). *Methods of Soil Analysis, Part 1*. 2nd Ed. Agronomy. pp: 33-51.
- NOM-021-RECNAT-2000 (Norma Oficial Mexicana). 2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis. *Diario Oficial de la Federación*. 17 octubre 2000.





INDICADORES BIOQUÍMICOS BAJO CONDICIONES DE SALINIDAD EN NOGAL PECANERO

Castillo- González J. ¹; Ojeda-Barrios², D.^{2*}; Sanchez-Chavez, E.³; Ruiz-Anchondo, T.²; Parra-Quezada, R.²; Guerrero-Prieto, V.⁴

¹ Afiliación de Posgrado/ Facultad de Ciencias Agrotecnológicas/ Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México.

² Afiliación de, Docente e investigador (a) / Facultad de Ciencias Agrotecnológicas/ Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México.

³ Afiliación de Coordinación de Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Delicias, México.

⁴ Afiliación de Docente e investigador de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas/ Universidad Autónoma de Chihuahua. Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

*Autor responsable: dojeda@uach.mx; Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Ciudad Universitaria ^{S/N} Campus 1, Chihuahua, Chih. México. CP. 31310. Tel. (614)-439-18-44 ext. 3134

Resumen

Las enzimas involucradas en metabolismo oxidativo, aminoácidos y pigmentos fueron investigadas en nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K.Koch] bajo condiciones de salinidad. Se evaluó en el 2013 la respuesta fisiológica y productiva del cultivo en condiciones de salinidad de suelo inducida por sulfatos en agua de riego en la Huerta “Los Nogales” carretera Camargo-Jiménez, Chihuahua. Fueron seleccionados tres niveles de daño foliar: escaso, moderado y severo en base a necrosis marginal, clorosis y área seccional del tronco. Se determinaron los niveles de pigmentos, prolina y catalasa mediante la técnica de Uv visible; parámetros fisiológicos: índice área foliar (IAF), contenido relativo agua (CRA). Los resultados muestran un estímulo en la catalasa (de 0.6 uM H₂O₂ reducido X mg proteína a 1.7325 uM H₂O₂ por mg proteína en daño severo) y prolina (2.46 mg/ml para el testigo hasta 13.21 mg/ml en daño severo) por la exposición prolongada a sulfato de calcio, como respuesta ante condiciones de salinidad. Mientras que la concentración de clorofila disminuye significativamente de una concentración 40.65mg/ml a 14.54mg/ml con el incremento de la salinidad en la planta, ocurre lo inverso con la concentración de carotenos se incrementaron significativamente de 7.71 mg/ml a 16.9 mg/ml; mostrando efecto negativo en el contenido relativo de agua e índice de área foliar. Resultados similares a los presentados para el año 2012. Por tanto el grado de salinidad altera bioquímicamente al nogal pecanero, desencadena mecanismos de respuesta ante estas condiciones de estrés.

Palabras clave

Carya, prolina; catalasa; clorofila; capacidad antioxidante.



Introducción

El norte de México predominan suelos de pH alcalino, la evaporación es elevada y existe poca precipitación, las cuales son condiciones propicias para acumulación de sales en el suelo que induce el deterioro de la productividad de los suelos, debido al riego con aguas de mala calidad, manejo de suelos y su fertilidad (Viramontes, 2005). Actualmente los suelos de las huertas nogaleras en el sur del estado de Chihuahua presentan problemas de salinidad, aunado al problema de la extracción de agua para riego en pozos más profundos que da como resultado elevados niveles de sulfatos (FIRA, 2005). La producción de nuez pecanera [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K.Koch] es de 96 mil toneladas, de las cuales el Estado de Chihuahua aporta el 61% colocándose como el principal productor de nuez del país (SAGARPA, 2011).

La salinidad de los suelos afecta el metabolismo de las plantas, incrementa el pH del suelo, afectando consigo la nutrición del cultivo y disminuye la capacidad de retención de humedad aprovechable para el cultivo (Grajeda *et al.*, 2010). Por lo que la planta es capaz de desencadenar mecanismos de respuesta al estrés salino para disminuir tales efectos; entre ellos: osmoprotección sintetizando algunos azúcares, compuestos nitrogenados (prolina, poliaminas), incrementa la producción de fitohormonas (ácido ábscísico, etileno). También induce la acumulación de especies reactivas del oxígeno (EROs); estos se producen en las plantas como subproductos durante reacciones metabólicas, como fotosíntesis y respiración (Ahmad *et al.*, 2010).

Las respuestas metabólicas de las plantas a la deshidratación son diversas; tal es el caso de la prolina, aminoácido cuya concentración se incrementa notoriamente en condiciones de estrés salino, sequía, en alta o baja temperatura o por deficiencias nutricionales. Se ha encontrado que el contenido de prolina aumenta para actuar como un agente osmótico, protegiendo a la planta de la deshidratación. La acumulación de prolina en hojas está asociada a una constante pérdida de la capacidad de transporte de nitrógeno, lo que pone de manifiesto que la acumulación del aminoácido es un síntoma claro de la respuesta al deterioro por el déficit hídrico y no a una característica adaptativa del valor de supervivencia (Grageda *et al.*, 2010)

Los mecanismos antioxidantes mantienen la homeostasis, dependiendo de la naturaleza de la especie EROs, algunos son altamente tóxicos y rápidamente desintoxicados por diversos mecanismos enzimáticos y no enzimáticos celulares (Apel and Hirt 2004). Los componentes no enzimáticos corresponden a los lípidos solubles y tocoferoles asociados a la membrana, reductores solubles en agua, ácido ascórbico y glutatión y los componentes enzimáticos que incluyen la superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT), peroxidasa, ascorbato peroxidasa y glutatión reductasa (Ashraf and Harris, 2004; Boguszewska and Zagdańska, 2011; Matías *et al.*, 2007; Mendoza y Rocha, 2002, Vega *et al.*, 1998) que regulan la desintoxicación EROs, y así reducir la carga oxidativa en las plantas para mantener el funcionamiento normal de la planta bajo condiciones de estrés.

El objetivo de la presente propuesta es desarrollar una base de conocimientos que permita interpretar adecuadamente los efectos de la salinidad del suelo en el nogal pecanero. Esta información incluye las funciones de respuesta de los parámetros del suelo de la respuesta fisiológica y productiva del cultivo a las condiciones adversas de salinidad del suelo y sus efectos en el cultivo del nogal pecanero.



Materiales y Métodos

La investigación se realizó en el período de 2013, en el municipio de Jiménez, Chihuahua. Se evaluó la Huerta “Los Nogales” propiedad del Sr. Tomás Uriona (carretera Camargo-Jiménez vía Las Pampas, la localidad se encuentra a 28°38' latitud norte, 106°04' longitud oeste, a una altitud de 1262m, con 336.5 mm de precipitación anual (SAGARPA, 2011). Los árboles tienen 35 años de edad, se encuentran en marco real (12x12 m) con una densidad de plantación de 70 árboles/ha; de acuerdo con evaluaciones previas se valoró agua de riego con clasificación C4S1 (Gómez, 2009) indica muy alta conductividad eléctrica y puede emplearse como agua de riego tomando algunas precauciones (Mite, 2002), el suelo de la huerta presenta una concentración de sulfatos de 357.14 ppm y una conductividad eléctrica de 4.20 mmohs, la textura de suelo es migajón limoso.

Se marcaron 20 árboles en base al área seccional del tronco. Se consideró como criterio el grado de daño foliar, necrosis marginal y clorosis, clasificándolo en 3 niveles de daño: escaso, moderado y severo en contraste a un testigo, el muestreo se realizó en la parte media de la rama seleccionada y se muestreo el foliolo de la parte media de la hoja, colectando alrededor de 30 pares de foliolos por muestra.

Se valoraron parámetros fisiológicos y bioquímicos. Entre las variables de respuesta se incluyó índice de área foliar, contenido relativo de agua (CRA). Empleando la técnica de Uv visible se cuantifican pigmentos, específicamente carotenos y clorofila total, también se realizó la cuantificación de prolina y catalasa para asociar la afectación del nogal por sales.

Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza empleando el modelo completamente al azar con un total de 4 tratamientos y 4 repeticiones. Los datos obtenidos fueron analizados con el programa estadístico SPSS y método de diferencia significativa Tukey; Finalmente, los niveles de significancia fueron representados por * a $P < 0.05$ y N.S. como no significativo.

Resultados y Discusión

La salinidad provoca diversos efectos perjudiciales que afectan tanto al suelo agrícola como a las plantas (González, 2001) además incrementa el pH de suelo, lo cual afecta la nutrición del cultivo y repercute en el metabolismo de las plantas (Casasierra *et al.*, 2000).

Las variables de respuesta: índice de área foliar, contenido relativo de agua, clorofila, carotenos, prolina y catalasa mostraron alto nivel de correlación en relación al daño en el análisis de varianza.

El índice de área foliar nos muestra que el daño severo y moderado fueron estadísticamente semejantes, se presentó un valor medio de 18.97 cm², estadísticamente semejante al IAF del daño moderado, un valor de 24.07cm² para daño escaso y estadísticamente diferentes con respecto al testigo el cual dio un valor de 29.01 cm². En términos generales se presenta un decremento del área foliar de un 35% al observar daño por sales en el IAF. Estos resultados coinciden en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L*) en donde el IAF decreció significativamente cuando la salinidad se incrementó de 3 a 21 dS·m⁻¹ (Lesmes *et al.*, 2007). La reducción del crecimiento foliar a partir de 60 mM NaCl indica que la expansión del área foliar es un parámetro muy sensible al estrés salino (Walker y Bernal, 2008).

El contenido relativo de agua (CRA) es la expresión utilizada para medir el nivel de agua de un tejido con respecto al total de agua que éste puede almacenar y asociado al potencial hídrico;



al igual que el IAF el CRA se vio afectado negativamente con el incremento del nivel de daño, el testigo y el daño escaso son estadísticamente similares, 77 y 67% respectivamente en cuanto a daño moderado y severo resultaron ser estadísticamente diferentes con respecto al testigo correspondiendo a un valor de 40% el CRA (Cuadro 1).

Cuadro 1. Parámetros analizados bajo condiciones de salinidad de suelo inducida por sulfatos en agua de riego en la Huerta “Los Nogales” Jiménez, Chihuahua.

Nivel de Daño	Índice de Área Foliar(cm ²)	Contenido Relativo de Agua (%)	Clorofila (mg/ml)	Carotenos (mg/ml)	Prolina (mg X proteína X pf ⁻¹)	Catalasa (mg H ₂ O ₂ reducidos X proteína)
Testigo	29.01 a	77 a	38.88 a	6.60 a	2.46 a	0.865 a
Escaso	24.07 b	67.97 a	36.58 a	10.01 b	7.25 b	1.144 b
Moderado	21.09 c	57.18 b	22.97 b	13.15 c	9.78 c	1.347 c
Severo	18.97 c	40.40 c	17.69 c	15.21 c	13.21 d	1.578 d
	R ² = .931	R ² = .924	R ² = .983	R ² = .961	R ² = .981	R ² = .973

DHS de Tukey ^{a, b, c, d}; R² Factor de correlación; nivel de significancia de 0.05 %

Los parámetros bioquímicos también se afectaron; indicando la expresión de la enzima catalasa en proporción al daño foliar (Cuadro1), estadísticamente los niveles de daño son diferentes entre si; el testigo indicó un valor medio de 0.86 umol de H₂O₂ reducidos por mg de proteína, la actividad de la enzima incrementó de 1.14 hasta 1.57 umol de H₂O₂ reducidos por mg de proteína en daño severo lo que equivale casi al doble con respecto al testigo, indicando así, reducción de radicales libres; la enzima catalasa es activa sólo en altas concentraciones de H₂O₂, situación que se lleva a cabo en peroxisomas y glioxisomas (Kuk *et al.*, 2003) con la finalidad de eliminar todo el exceso de H₂O₂ antes que se difunda hacia el citoplasma y pueda reaccionar con otras moléculas (Perl and Perl, 2001).

Otro indicador importante de condiciones de estrés en plantas es el aminoácido prolina el cual mostró un comportamiento similar a la enzima catalasa, indicando 2.46 mg/ml en el testigo y siendo estadísticamente diferentes los niveles de daño entre sí y con respecto al testigo, con un incremento significativo en el grado de daño escaso de 7.25 mg/ml hasta 13.21 mg/ml para daño severo, se produce una rápida acumulación de prolina en plantas estresadas, tanto en parte aérea como en sistema radicular (Cuadro 1).

Se ha descrito que los niveles de prolina aumentan en las hojas en respuesta a condiciones de estrés salino indicando que la acumulación de prolina es directamente proporcional a la presión de estrés impuesta (Arbona *et al.*, 2003). Con lo que respecta a los pigmentos, se vio reducida la producción de clorofila con el aumento de daño foliar presentado una concentración de 38.88 mg/ml Todos los niveles de daño son estadísticamente diferentes con respecto al testigo, indicando un valor de 17.69 mg/ml en árboles que presentaban daño severo.

Estudios han demostrado el impacto negativo de la salinidad sobre la concentración de pigmentos debido a la destrucción de los cloroplastos y un incremento de la actividad de la clorofila, por ello disminuye la síntesis de clorofilas (Spyropoulos y Maurommatis, 1998), así mismo con la inhibición de la enzima fitoeno sintasa se producen fenómenos de fotooxidación que conducen a la destrucción de las moléculas de clorofila (Grumbach y Britton, 1983; Sandmann y Mitchel, 2001). Caso contrario ocurrió con los carotenos (Cuadro 1), en el que el daño severo indicó niveles más altos del pigmento frente a testigo, correspondió a 15.21 mg/ml;



el daño moderado no mostró diferencias significativas con respecto a la concentración de carotenos a nivel de daño moderado disminuyendo a partir de daño escaso y testigo que indican concentraciones de 6.6 y 10 mg/ml respectivamente, los carotenos son pigmentos de gran importancia por relacionarse con la fotosíntesis (captación de luz, fotoprotección, disipación de excesos de energía, desactivación de oxígeno, etc.) (Meléndez *et al.*, 2007).

Conclusión

Estos resultados, constituyen una base importante sobre el estudio de los mecanismos bioquímicos involucrados en la tolerancia a la salinidad en nogal pecanero, encontrándose un comportamiento diferencial que se asocia con el grado de tolerancia de éstas al estrés por salinidad, lo que se sugiere a la catalasa y a la prolina empleo como posibles marcadores bioquímicos para este factor abiótico.

Bibliografía

- Ahmad, P., C.A. Jaleel, M.A. Salem, G. Nabi, and S. Sharma. 2010. Roles of enzymatic and non enzymatic antioxidants in plants during abiotic stress. *Crit. Rev. Biotechnol.* 30 (3): 161-175.
- Apel, K. and H. Hirt. 2004. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annu. Rev. Plant Biol.* 55: 373-99.
- Arbona, V., V. Flors, J. Jacas, P. García-Agustín and A. Gómez-Cadenas. 2003. Enzymatic and non-enzymatic antioxidant responses of Carrizo citrange, a salt-sensitive citrus rootstock, to different levels of salinity. *Plant Cell Physiol.* 44:388-394.
- Ashraf, M. and P. Harris. 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Sci.* 166: 3-16.
- Boguszewska, D. and B. Zagdańska. 2011. ROS as Signaling Molecules and Enzymes of Plant Response to Unfavorable Environmental Conditions. In *tech.* 18: 341-362.
- Casierra, F.P., P. Lüdders and G. Ebert. 2000. Efecto de la salinidad por cloruro de sodio sobre el balance de nutrientes en plantas de lulo (*Solanum quitoense* L.). *Agronomía Colombiana.* 17:85-90.
- Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura (FIRA). 2005. Nuez, Análisis de su rentabilidad. Estudio de ACERCA. Arturo Puente González- Consultor.
- Gómez, M. 2009. Definición de la aptitud de agua para riego en un agroecosistema del Sur de la Provincia de Córdoba, Argentina. *Investigación y Ciencia.* 45: 38-43.
- González, L.M. 2001. Apuntes sobre la Fisiología de las Plantas Cultivadas Bajo Estrés de Salinidad. *Cultivos Tropicales.* 23 (4): 47-57.
- Grajeda J.G., R. Sabori-Palma, A. Valenzuela-Martínez, A. Quijada-Flores, H. Núñez-Moreno y J. Rodríguez. 2010. Evaluación de la salinidad del suelo en huertas de nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch], XI Simposio Internacional de Nogal Pecanero, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Hermosillo Sonora., pp.35-43.
- Grumbach, K.H. and G. Britton G. 1983. Distribution of carotenoids in subcellular and sub-plastidic fractions of radish seedlings (*Raphanus sativus*) grown in the presence of bleaching pesticides. *Phytochem.* 22(9): 1937-1940.
- Kuk, Y.I., J.S. Shin, N.R. Burgos, T.E. Hwang, O. Han, B.H. Cho, S. Jung and J.O. Guh. 2003. Antioxidative enzymes offer protection from chilling damage in rice plants. *Crop Sciences.* 43: 2109-2117.
- Lesmes, R., A. Molano, D. Miranda y B. Chavez. 2007. Evaluación de concentraciones de sal (NaCl) en el agua de riego sobre el crecimiento de lechuga 'Batavia' (*Lactuca sativa* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas.* 1(2): 222-235.
- Matías, V., P. Posenato, A. Bermejillo, M. Filippini, C. AGÜERO and E. Blumwald. 2007. Análisis de la tolerancia de la salinidad en plantas de *Vitis vinifera* CV. *Sultanina* transformadas con el gen que codifica al antiporter vacuolar Atnhx1. *Fisiología, y Viticultura, Facultad de Ciencias Agrarias, Departament of Plant Sciences, University of California, Davis.*
- Meléndez, A.M., I. Vicario y F.J. Heredia. 2007. Pigmentos carotenoides: consideraciones estructurales y fisicoquímicas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Organó Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición.* 57 (2): 109-117.



- Mendoza, C.F. y R.P. Salavarieta. 2002. Poliaminas: reguladores del crecimiento con múltiples efectos en las plantas. Cenipalma, Bogotá D.C., Colombia. Laboratorio de Marcadores Moleculares, Área de Fisiología y Mejoramiento. 23 (4): 39-46.
- Mite, F. 2002. Problemas de Acumulación de Sales en Suelos del Ecuador. INIAP. Estación Experimental Tropical “Pichilingue”. VIII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo.
- Perl, T.R. and A. Perl. 2001. Oxidative stress: an introduction. In: Oxidative stress in plants. Inzé D., Van Montagu M., Taylor Francis (eds.). London. pp 1-32.
- SAGARPA. 2011. Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (SAGARPA). Crecimiento en producción de nuez, favorece a exportación a Norteamérica. NUM 074/06.
- Sandmann, G. and G. Mitchell. 2001. In vitro inhibition studies of phytoene desaturase by bleaching ketomorpholine derivatives. J Agric Food Chem. 9: 139-141.
- Spyropoulos, C. G. and M. Maurommatis. 1998. Effect of water stress on pigment formation in Quercus species. J. Experimental Botany. 29: 273- 477.
- Vega, M., P. Aparicio, F. Castillo y J. Maldonado. 1998. Avances en el metabolismo del nitrógeno: de la fisiología a la biología molecular, IV Reunión Nacional, 1^{er} edición, Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla, Sevilla España. pp. 417.
- Viramontes, U. 2005. Sistema Producto y/o línea estratégica de atención: nogal. Fitomejoramiento. nuez pecanera. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pesqueras, Campo Experimental La Laguna. C01-12315.
- Walker, D.J. and M.P. Bernal. 2008. The effects of olive waste mill compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil. Bioresour. Technol. 99(2): 396-403.





ESTIMACIÓN DEL FACTOR “R” DE LA ECUACIÓN UNIVERSAL DE PÉRDIDA DE SUELO (USLE) PARA EL ESTADO DE MORELOS

Cortés-Torres, H. G.¹; Rivera-Ruiz, P.^{1*}; Wruck-Spillecke, W.¹; Gómez-Garzón A.¹; Cortés-Martínez, M. G.²; Pacheco-Ramón P.³

¹Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos, México.

²Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica. San Luis Potosí, S.L.P.

³Universidad Politécnica del Estado de Morelos. Jiutepec, Morelos, México.

*Autor responsable: hcortes@tlaloc.imta.mx ; Paseo Cuauhnáhuac Núm. 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Morelos. México. CP 62550; Tel. +52(777) 3 29 36 00 Ext. 153

Resumen

Se presenta una estimación del Factor erosividad de la lluvia para el estado de Morelos mediante un mapa de isoerodentas (líneas de igual valor erosivo). Originalmente, el cálculo del factor de erosividad de la lluvia requiere de información de intensidades de lluvia. Para su obtención se utilizó una ecuación que permite estimar los valores del factor “R” de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE, por sus siglas en inglés) en función de la lluvia promedio anual. Utilizando información pluviométrica de más de 100 estaciones climatológicas ubicadas en el estado de Morelos y su periferia, y empleando herramientas de SIG y de interpolación espacial, se generó el mapa que muestra la agresividad erosiva de la lluvia para el estado. Los resultados muestran que la erosividad de la lluvia es mayor en el noroeste y menor en el sureste del estado. Los valores de R van de 3,500 hasta 10,000 MJ mm ha⁻¹ hr⁻¹ año⁻¹. La erosividad de la lluvia en el estado es de moderada a alta.

Palabras clave: Factor R, erosividad, USLE/RUSLE, agresividad lluvia, isoerodentas

Introducción

Aunque el estado de Morelos es conocido probablemente más como destino turístico que como productor agrícola, más del 50% del uso del suelo en el mapa estatal es dominado por actividades agrícolas (dominando en cuanto a superficie el maíz, el sorgo y la caña de azúcar). La actividad agrícola, con sus múltiples beneficios, tiene no obstante el riesgo de facilitar la erosión del suelo, sobre todo en aquellos lugares donde se tienen altas intensidades de lluvia.

Con el propósito de conocer la erosividad de la lluvia en el estado y su distribución espacial se realizó el presente trabajo en el cual se generó un mapa de isoerodentas (líneas de igual valor erosivo) partiendo de datos de lluvia promedio anual y aplicando una ecuación para, en función de la lluvia, tener un estimado del Factor “R” de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE, por sus siglas en inglés, o RUSLE, para la versión revisada). Conociendo este Factor y los otros factores de la Ecuación, como son erosionabilidad del suelo, longitud y grado de pendiente, cobertura vegetal y prácticas de manejo, hacen posible tener un estimado de la erosión hídrica en las áreas agrícolas del estado. Esta información permitirá tomar las medidas adecuadas para realizar una mejor gestión del recurso suelo-agua-vegetación, de tal forma que



se logre la producción de alimentos, granos y otros satisfactores, sin acelerar la degradación del suelo por erosión.

Generalidades sobre la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos.

Una de las ecuaciones más utilizadas en México y en el mundo para estimar la pérdida de suelo por erosión hídrica, es la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos. Esta ecuación fue desarrollada desde los años 60's del siglo pasado (Wischmeier and Smith, 1978), cuando los citados autores publicaron un manual para la predicción de erosión del suelo por la lluvia. Esta ecuación tiene la siguiente forma:

$$A = RKLSCP \quad (1)$$

Donde A es la pérdida de suelo promedio anual por ha; R es el factor erosividad de la lluvia (y objeto del presente trabajo), K es la erosionabilidad del suelo, L y S son la longitud y grado de la pendiente, respectivamente; C es el factor de cobertura o manejo del cultivo y P representa las prácticas mecánicas de conservación realizadas.

La erosividad de la lluvia (Factor R)

El término factor de erosividad de la lluvia implica una evaluación numérica de un evento de lluvia que describe su capacidad de erosionar suelo en un terreno desprotegido. Wischmeier y Smith (1958) encontraron que la energía cinética, en combinación con la intensidad máxima en 30 minutos de la lluvia explicaba la mayor parte de la pérdida de suelo en parcelas experimentales. Así, ellos propusieron la siguiente ecuación (Foster, et al, 1981):

$$E I_{30} = (Ec) (I_{30}) \quad (2)$$

Donde:

$E I_{30}$ = Índice de erosividad para un evento ($MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ hr}^{-1}$)

Ec = Energía cinética de la lluvia para un evento ($MJ \text{ ha}^{-1}$)

I_{30} = Intensidad máxima de la lluvia en 30min ($mm \text{ hr}^{-1}$)

La Ec o energía cinética de la lluvia se obtiene con la ecuación:

$$Ec = \sum_{j=1}^m e_j p_j \quad (3)$$

Donde:

e_j es la energía cinética de la lluvia para el intervalo de tiempo j ($MJ \text{ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$)

p_j es la cantidad de lluvia en el intervalo de tiempo j (mm)

m es el número de intervalos con diferente intensidad de lluvia durante el mismo evento.

Y el cálculo de la energía cinética de la lluvia para cada intervalo se calcula con:

$$e_j = 0.119 + 0.0873 \log_{10} I_j; \quad \text{para } I_j \leq 76 \text{ mm hr}^{-1} \quad (4)$$

$$e_j = 0.283 \quad \text{para } I_j > 76 \text{ mm hr}^{-1} \quad (5)$$

Donde I_j es la intensidad de lluvia en el intervalo de tiempo j ($mm \text{ hr}^{-1}$)



Finalmente el Factor R de la USLE se obtiene al hacer la sumatoria de los E_{I30} de todas las lluvias ocurridas en el año.

$$R = \sum_{i=1}^n (E_{I30}) \quad (6)$$

Donde:

R = Factor de erosividad de la lluvia o índice de erosividad anual

n = Número de eventos de lluvia durante el año.

Materiales y Métodos

Para calcular la erosividad de la lluvia, o factor R, como se ha visto, es necesario disponer de datos de lluvia, de tal forma que se conozca tanto de la lámina precipitada como del tiempo en que esta ocurre y poder así calcular su intensidad. Esta información, desafortunadamente es aun escasa en el país, y Morelos no es la excepción. Para solventar esta limitante, Cortés (1991) elaboró un estudio donde con datos pluviográficos de estaciones climatológicas distribuidas en todo el país, calculó los valores de R anual, empleando las ecuaciones arriba mostradas. Posteriormente haciendo uso de herramientas de estadística multivariada y variabilidad espacial, agrupó aquellas áreas sujetas a condiciones similares de intensidades y cantidad de lluvia y obtuvo 14 diferentes regiones de erosividad de la lluvia para la República Mexicana (Figuroa, et al. 1991). Para cada región propuso una ecuación de regresión, por medio de la cual es posible obtener el Valor del factor R en función de la lluvia media anual, solventando así el problema de la escasez de datos de intensidades de lluvia.

En el presente estudio lo que se hizo fue identificar en que región de las generadas por Cortés se encuentra ubicado el estado de Morelos. De esta consulta se obtuvo que para el área del estado aplica la ecuación correspondiente a la Región VIII:

$$R = 1.9967p + 0.00327p^2 \quad (7)$$

Donde R es el factor R de la USLE y p es la lluvia promedio anual en mm.

Posteriormente, utilizando el paquete ERIC (Extractor Rápido de Información Climatológica del IMTA), se delimitó un polígono geográfico rectangular que contuviera en su totalidad al estado de Morelos. El ERIC permitió así extraer información pluviométrica anual de las estaciones contenidas en el polígono determinado. Se obtuvo información dentro del rango del año 1940 hasta el año 2008, recopilando información de más de 140 estaciones climatológicas. Posteriormente se realizó una revisión de los datos y aquel año con datos faltantes de un mes durante la temporada de lluvias o tres meses durante la temporada de sequía fue eliminado. De esta forma se eliminaron algunos años de ciertas estaciones; y aquellas estaciones con menos de cinco años de registro y con más del 10% de información con años incompletos fueron eliminadas del análisis. Esto debido que aunque es deseable disponer del mayor historial de datos posible, años con información incompleta pueden afectar los promedios a obtener. Finalmente, el análisis se realizó con datos de 103 estaciones: 70 del estado de Morelos, 20 del estado de México, 6 de Guerrero, 6 de Puebla y una del Distrito Federal. Los historiales de datos van desde los cinco hasta los 60 años.



El paso siguiente fue aplicar la ecuación (7) arriba presentada, la cual permitió tener el valor del Factor R para cada una de las estaciones consideradas. Con esta información, empleando el software de ArcGis 10.1, se llevó a cabo la interpolación tanto de los valores de precipitación como del Factor R, mediante el método del kriging. Este procedimiento genera una superficie a partir del comportamiento espacial de las variables trabajadas, utilizando también valores del eje Z (altitud sobre el nivel del mar), de manera que la estimación es mejor que otros métodos que solo trabajan en el plano bidimensional. Una vez obtenidas las superficies, se procedió a la elaboración de las isolíneas: isoyetas e isoerodentas. Por cuestiones de claridad en el mapa, debido al tamaño de su presentación, las isoyetas se muestran en intervalos de 50 mm y las isoerodentas en intervalos de 500 ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ hr}^{-1}$). Esta densidad en las líneas permite apreciar claramente las variaciones existentes en todo el estado de Morelos.

Resultados y Discusión

La Figura 1 muestra el mapa de isoyetas obtenido para el estado de Morelos con base en 103 estaciones climatológicas dentro del estado y en la periferia del mismo. Puede verse que la lluvia promedio anual varía desde 750 mm hasta 1,300 mm. La precipitación más baja ocurre hacia el sureste del estado y su valor se incrementa hacia el noroeste, presentándose los máximos valores en el municipio de Huitzilac y los menores en el de Axochiapan. El suroeste del estado presenta también valores de precipitación superiores a los 1,000 mm por año.

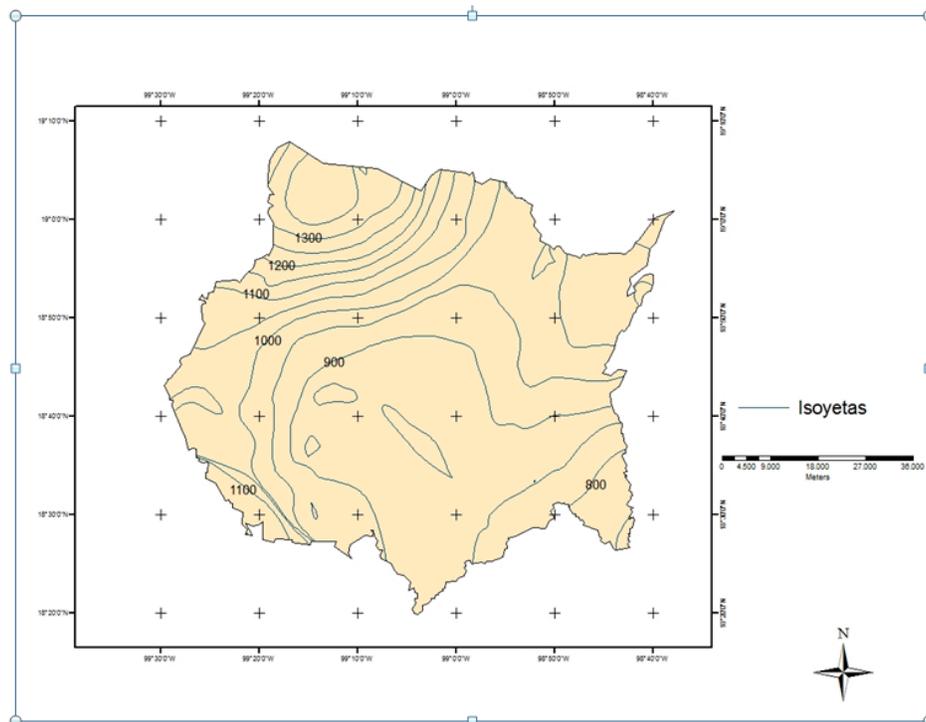


Figura 1. Mapa de isoyetas del estado de Morelos.



En lo que corresponde al Factor R de la USLE, puesto que su obtención es función del comportamiento de la lluvia, es de esperarse que su distribución sea muy similar a la variación espacial de la lluvia en el estado. Esto puede corroborarse en la Figura 2, donde se presenta el mapa de isoerodentas mostradas a intervalos de $500 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ hr}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Al igual que la precipitación, los valores son más bajos hacia el sureste del estado y se elevan hacia el oeste, con los valores extremos hacia el noroeste. El rango de variación va desde los 3,500 hasta los $10,000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ hr}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Los valores encontrados pueden clasificarse como de bajos hasta altos. Esto, acorde al criterio de que valores de R menores de $5,000 \text{ (MJ mm ha}^{-1} \text{ hr}^{-1} \text{ año}^{-1})$ tienen una erosividad baja; índices de $5,000$ a $7,500$ se consideran como de erosividad moderada y de $7,500$ a $10,000$ se clasifican como sitios de erosividad alta. Para dar una idea de los valores de erosividad de la lluvia en el país, se dirá que los valores extremos se ubican en el noroeste y sureste del territorio nacional. Baja California presenta valores de R que van de los 500 a los $1,000 \text{ (MJ mm ha}^{-1} \text{ hr}^{-1} \text{ año}^{-1})$, en tanto que en la costa de Chiapas se tienen valores de R superiores a los $30,000 \text{ (MJ mm ha}^{-1} \text{ hr}^{-1} \text{ año}^{-1})$. En Baja California la erosividad de la lluvia es entonces muy baja y en Chiapas, es extremadamente severa.

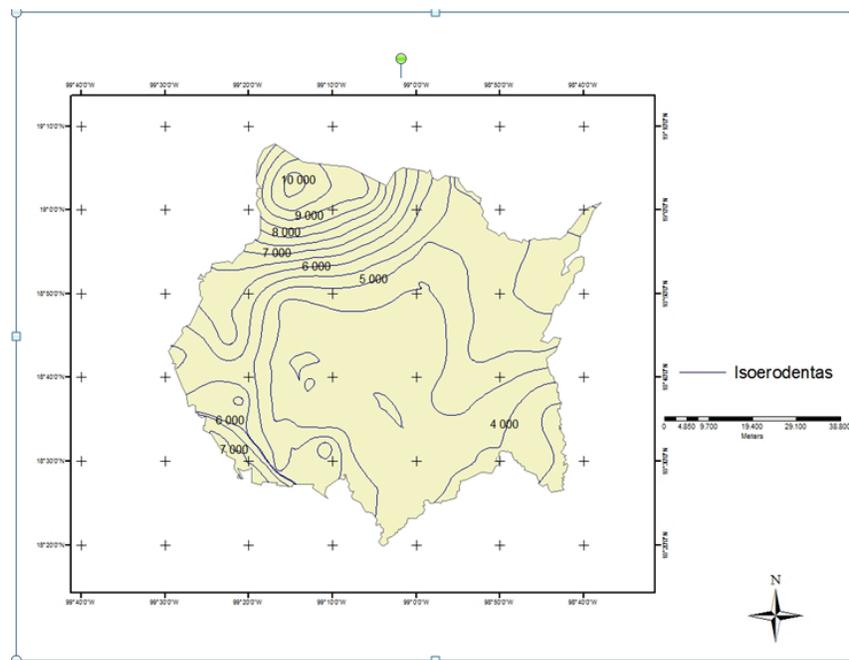


Figura 2. Mapa de isoerodentas para el estado de Morelos.

Respecto a los resultados obtenidos, cabe aquí mencionar que en el estado, la zona agrícola se localiza hacia el oriente del mismo, donde se tienen los valores bajos y moderados de erosividad de la lluvia. Los valores altos ocurren en la región donde se tiene vegetación forestal, la que, de mantenerse en buenas condiciones, ofrece una muy buena protección al suelo, regulando entonces los posibles problemas de erosión de suelo por lluvia. Puede entonces decirse que en el oriente del estado, la agricultura puede desarrollarse sin restricciones severas, aunque con prácticas comunes de conservación de suelos. No es así para el lado poniente del estado; aquí, de tenerse áreas dedicadas a la agricultura, deben seguirse prácticas estrictas de conservación de suelo y agua, y elegir el tipo de cultivos que se



pueden producir en esta región del estado, máxime si se tienen terrenos con pendiente pronunciada; áreas con precipitación cuantiosa y de alta intensidad son muy erosivas. Si hacia el oeste y noroeste del estado se elimina la vegetación natural tanto de bosque al norte como de selva baja al sur, para introducir agricultura, se tendrán problemas serios de erosión por lluvia, máxime que en esta zona del estado se tienen terrenos con topografía de ondulada a fuertes pendientes.

Conclusiones

El estudio permite concluir que la precipitación en el estado de Morelos tiene un potencial erosivo de moderado a alto. La zona con mayor agresividad de la lluvia se presenta hacia el oeste y noroeste del estado donde, con el propósito de lograr la sostenibilidad de los sistemas productivos establecidos en esta zona, es necesario que los agricultores tomen medidas adecuadas de conservación de suelo y agua para minimizar la acción erosiva de las lluvias; por ejemplo: mantener la cobertura vegetal sobre el suelo y no remover el suelo durante la época de lluvias. En la región oriente, donde se ubica la mayor área agrícola del estado, aunque la erosividad de la lluvia es menor, no significa que no se requieran también prácticas de conservación de suelos en las explotaciones agrícolas y ganaderas

Bibliografía

- Cortés T. Héctor G. 1991. Caracterización de la erosividad de la lluvia en México utilizando métodos multivariados. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 168 p.
- Figuroa, 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. Colegio de Postgraduados CREZAS y Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México. 150 p.
- Foster, G. R., D. K. McCool, K. G. Renard and W. C. Moldenhauer. 1981. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. JSWC. 36(6):355-359
- Wischmeier, W. H. and Smith, D. D. 1978. Predicting rainfall erosion losses, a guide to conservation planning. USDA. Agricultural Handbook No. 537. 58p
- Wischmeier, W. H. and Smith, D. D. 1958. A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. Soil Sci. Soc. of Amer. Proc. 23(3): 246-249.





MEJORAMIENTO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS EN EL AGROSISTEMA ROSA (*Rosasp.*) EN LA LADERA ESTE DEL IZTACCIHUATL

Cortés Jiménez S.^{1*}; Etchevers Barra J.D.¹; Hidalgo Moreno C.M.I.¹; Navarro Garza H.¹

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

*Steinger Cortés Jiménez: steinger.cortes@colpos.mx, Km. 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillos Texcoco Edo de México. México. CP 56230

Resumen

Los suelos dedicados al cultivo de rosa en la ladera este del Iztaccíhuatl presentan indicadores químicos generales de la fertilidad de suelos y en particular de disponibilidad nutrimental alejados de los considerados como ideales. La pérdida de la fertilidad de los suelos locales ha causado el encarecimiento del proceso de producción, por la necesidad de incrementar el uso de fertilizantes y por la baja eficiencia de recuperación de estos. Este fenómeno tendría su origen en algún tipo de desequilibrio en las condiciones químicas del suelo provocado por el uso irracional de productos químicos y la disminución de la fracción orgánica de los mismos. La importancia de atender esta problemática no sólo es un asunto de carácter económico, ya que más del 80 % de la población local perciben sus ingresos directos de esta actividad (producción) o indirectamente (comercialización). Desde un punto de vista social, la producción de rosas es una fuente de empleo para personas provenientes de lugares de alta y muy alta marginación de la Sierra Norte de Puebla. Adicionalmente el desequilibrio químico se considera un problema de carácter ambiental ya que existe el riesgo potencial de contaminación de cuerpos de agua, que pudiesen estar siendo aprovechados en las partes bajas de la región. El presente trabajo pretende generar información para contribuir a detener la degradación de los suelos y evitar la posible contaminación de los recursos naturales, que genera la aplicación inmoderada de fertilizantes, así como contribuir a reducir costos de producción y mantener la fuente de empleos en la región. El problema señalado será atendido con un enfoque sistémico, que incluya aspectos técnicos, sociales y edafoclimáticos, y aspira a sentar las bases para hacer recomendaciones puntuales de acuerdo a potencialidades y limitaciones del agrosistema.

Palabras clave

Ornamentales, flor de corte, salud del suelo

Introducción

La producción de rosa para flor de corte en invernaderos se distingue por ser el sistema de cultivo más intensivo de la floricultura, ya que hace uso intensivo de los recursos agua e insumos de fertilización (Cabrera, 2003). Los nutrientes que se aplican a éste y otros cultivos



en la región, se hacen sin prestar mayor atención a las necesidades reales de éstos y con escasa relación con la fisiología del cultivo, la historia previa de manejo y las condiciones climáticas. Como un problema adicional se tiene que la fertirrigación pesada que se aplica causa acumulación de sales en el sustrato y en la solución del suelo (Cabrera y Perdomo, 2003), situación que afecta la producción de rosas.

Entre las prácticas agronómicas de la floricultura, la aplicación de fertilizantes es una de las principales actividades técnicas empleadas. Ésta ocupa un renglón importante en la estructura de costos, además que puede causar impactos ambientales como físicos, microbiológicos y químicos, benéficos o adversos para el ambiente, y para el propio desarrollo del cultivo es que no se hace de una manera racional y con serias bases científicas (Castellanos, 2000). La fertilización nitrogenada de este cultivo puede alcanzar aplicaciones anuales por encima de los 7.000 kg ha⁻¹, lo cual es obviamente un abuso y un contrasentido técnico. Estas cantidades excesivas han sido asociadas con lixiviación excesiva de hasta 3.000 kg ha⁻¹ de nitrógeno y probablemente más (Cabrera, 2005). Además del efecto medioambiental que esta práctica genera y su efecto sobre la salud humana y el cambio climático por la emisión de N₂O, la sobre fertilización con nitrógeno podría causar problemas indirectos de salinidad y posibles desequilibrios nutricionales del cultivo, resultando en reducciones de productividad y calidad de la flor cortada (Cabrera, 2005).

En el estado de Puebla existe una superficie cultivable de flores de aproximadamente 3 mil 600 hectáreas, repartidas en 35 municipios, cuya producción anual alcanza un valor de producción de 625 millones de pesos (Milenio, 2009). La floricultura es una opción viable para los productores del campo, con mejores perspectivas que los cultivos tradicionales, debido a los mayores márgenes de rentabilidad que se pueden obtener de ella. La actividad ofrece la oportunidad adicional de incorporar a la mujer a la económica nacional, teniendo en cuenta que la región en donde se desarrolla ésta, ha sido golpeada por la migración, dando como resultado, en la estructura de género, un incremento en la proporción de mujeres (SAGARPA, 2013).

Materiales y Métodos

La zona de estudio se ubica en la región del estado de Puebla donde se ha desarrollado intensamente la floricultura. Comprende el distrito de desarrollo rural (DDR) 05 Cholula que forma parte del centro sur del estado. En el DDR 05 encontramos dos zonas de producción, siendo una San Martín Texmelucan y la otra en el valle de Atlixco (SAGARPA, 2013).

Con base en cartas edafológicas (1:50000) e información climática de INEGI y con software de sistemas de información geográfica ArcMAP, se cruzó información para identificar las diferentes unidades edafoclimáticas existentes en la región (Figura 1). Luego se georreferenciaron los invernaderos de productores de rosa de la zona y se localizaron en el mapa. De esta manera se posicionó cada uno de ellos en la unidad edafoclimática correspondiente, siendo éste el criterio de muestreo de suelos para la caracterización de la fertilidad del agrosistema.

De un total de 668 invernaderos empadronados en la región se procedió a muestrear 112. El tamaño de la muestra se determinó de manera estadística con la fórmula de tamaño de muestra (Daena 2011). El tamaño óptimo de la muestra, es aquél que permite un balance adecuado entre el costo del muestreo y la precisión deseada, lo cual evita la sobreestimación (sobre-gasto de recursos) o subestimación (precisión no adecuada) (Kogan & Herzog, 1980). En cada invernadero seleccionado se tomaron muestras de suelo en la base del surco de plantación de las rosas a una profundidad de 0-15 cm, siguiendo el método de zig-zag (Castellanos *et al.* (2000).

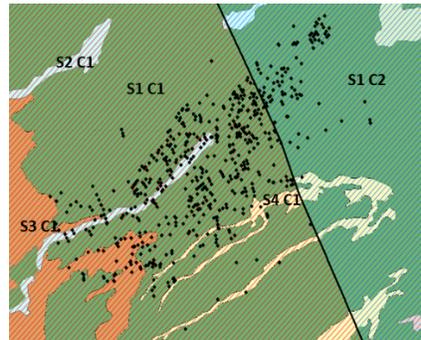


Figura 1. Unidades edafoclimáticas y ubicación de los invernaderos que conforman el agrosistema producción de rosa en la ladera este del Iztaccíhuatl.
 S1: Re+Be/1, S2: Je/1, S3: Bd+Bh, S4: Re+l/1, C1: C(w2)(w), C2: C(E)(w2)(w)

En cada unidad se colectaron 15 muestras individuales, que luego se mezclaron y homogeneizaron para obtener una muestra compuesta representativa del terreno. Las muestras compuestas se llevaron al laboratorio en donde se secaron a la sombra y molieron hasta pasar por un tamiz de malla 10 para su posterior análisis de fertilidad (Figura 2). Las determinaciones practicadas en éstas fueron: pH, materia orgánica, N-total, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn y B, intercambiables, siguiendo los métodos rutinarios empleados en el Laboratorio de Fertilidad de Suelos y Química Ambiental del Colegio de Postgraduados.



Figura 2. Unidades edafoclimáticas del agrosistema de producción de rosa en la ladera este del Iztaccíhuatl.

El día 21 y 22 de febrero de 2014 se estableció un experimento para evaluar el efecto de diferentes fuentes de materia orgánica en la fertilidad de los suelos en el agrosistema.

Los tratamientos ensayados fueron tres: (1) aplicación de compost comercial (T1); (2) aplicación de estiércol de bovino (T2); y (3) gallinaza (T3), que fueron aplicados en tres variedades de rosa (Anastasia, Selena y Latín), en los cuales el criterio de aplicación fue igualdad de aporte de materia orgánica en los tres tratamientos. Las características químicas de esos materiales se presentan en el Cuadro 1. Los tratamientos se impusieron en unidades experimentales homogéneas, que consistían en surco de 16 m de largo x 50 cm de ancho. Cada tratamiento se replicó tres veces. Se generaron nueve unidades experimentales para cada



variedad, dando en total 27 unidades experimentales considerando las tres variedades. Comolas plantaciones de hacenen doble hilera sobre la base del surco, el total de plantas por unidad experimental fue aproximadamente 90 rosas. El diseño experimental empleado fue un Diseño Completamente al Azar (DCA).

Cuadro 1. Características del material utilizado.

	Dosis por unidad experimental kg	Materia Orgánica %
Compost	71.8	75.2
E. bovino	99.8	54.07
Gallinaza	117.1	26.34

Evaluaciones

- La primera evaluación se realizó el día 6 al 10 de mayo del 2014, esto es, aproximadamente 3 meses después de haber impuesto los tratamientos. Las variables evaluadas en esta ocasión fueron: rendimiento (número de tallos florales) y calidad (longitud de tallos florales). En esta variable de calidad se estableció a criterio arbitrario de rangos de longitud de tallos (<30, 30-50 y >50 cm) en función de la experiencia personal de lo que el mercado reclama.

Resultados y Discusión

En la caracterización del agrosistema los indicadores químicos de fertilidad de los suelos mostraron una gran heterogeneidad (Figura 3). Destacan las elevadas concentraciones de algunos elementos analizados como Fe que de acuerdo a Castellanos *et al.* (2000) reportan como excesivos las concentraciones >50 mg Kg⁻¹ mientras que más del 90% de los suelos analizados presentan concentraciones mayores, que van desde 46 a 195 mg Kg⁻¹, caso similar sucede con Cu, los mismos autores califican como muy altas las concentraciones > 2.5 mgKg⁻¹ y en los análisis se obtienen concentraciones de 1.2 hasta 14.2 mg Kg⁻¹, en el caso de Zn un valor medio va de 1.3 a 2.5 mg Kg⁻¹ (Castellanos *et al.* 2000) y los suelos de la región tienen concentraciones desde 1.1 a 17 mg Kg⁻¹, calificados la mayoría desde muy altos hasta excesivos, lo cual evidencia que el manejo empírico que hacen los productores, no presta atención a los requerimientos del cultivo y cuya disponibilidad en el suelo puede ser valorada por el análisis químico de éste. Los niveles excesivos de estos elementos señalan que se está afectando la salud del suelo, un fenómeno que es muy difícil de revertir.

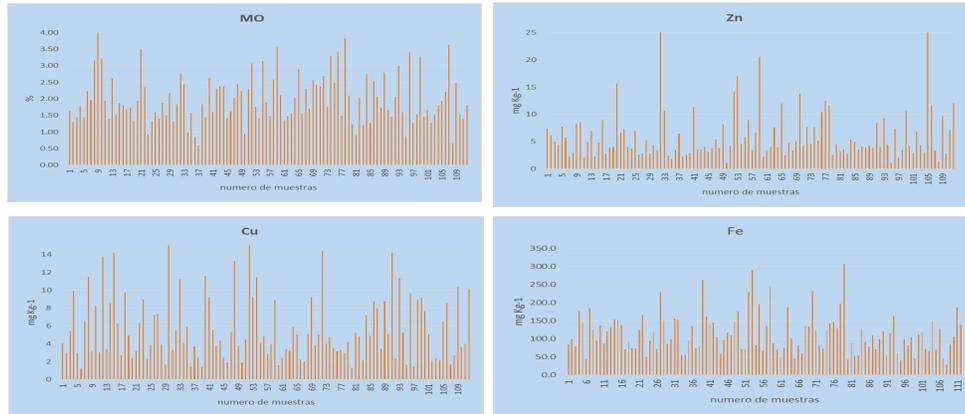


Figura 3. Características químicas de los suelos muestreados del agrosistema.

En cuanto a la respuesta en rendimiento a la aplicación materia orgánica de diferente fuentes, la gallinaza fue el tratamiento que mejor resultados dio en las variedades Anastasia y Selena (Figura 4), y lo mismo ocurrió en cuanto a la variable calidad con mayor frecuencia de ocurrencia de tallos en el rango de 30-50 y >50 cm en las variedades Anastasia y Selena.

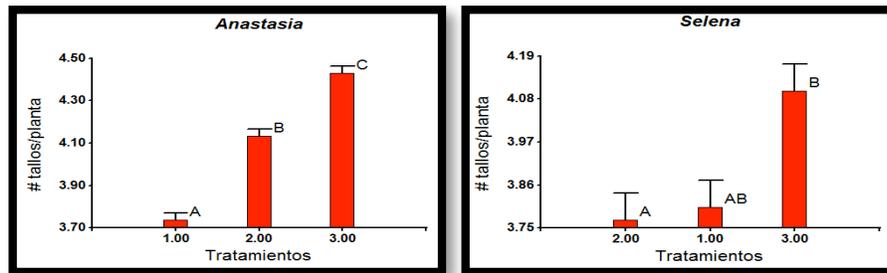


Figura 4. Rendimiento de las variedades Anastasia y Selena.

Conclusiones

El agrosistema rosa (*Rosa* spp.) en la ladera este del Iztacihuatl es edafoclimáticamente heterogéneo, en los que se identifica un total desequilibrio en la fertilidad de los suelos.

La adición de gallinaza presentó diferencias significativas con respecto al compost y al estiércol de bovino en el rendimiento y la calidad de la producción en las variedades estudiadas.

Bibliografía

- Cabrera R.I. and Perdomo, P. 2003. Resessing the salinity tolerance of greenhouse roses under soil production conditions. *HortScience* 38:533-536.
- Castellanos Z., J., X. Uvalle-Bueno, y A. Aguilar-Santelises. 2000. Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas. 2da ed. Colección INCAPA. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola, San Miguel de Allende, Guanajuato, México. 226 p.



Daena 2011. International Journal of GoodConscience. 6(1) 89-105. Junio 2011. ISSN 1870-557X

FUNPROVER.2008b. Programa Estratégico de Necesidades de Investigación y Transferencia de Tecnología de la Cadena Productiva Horticultura Ornamental en el Estado de Veracruz. CP. Cadena Productiva de Horticultura Ornamental en el Estado de Veracruz: (consultado el 04-10-10). Disponible en: <http://www.funprover.org/formatos/PLANES%20ESTRATEGICOS/Cadena%20horticultura%20ornamental.pdf>

INEGI (Instituto de Estadística, Geografía e Informática). 2009. Censo general de población y vivienda. Instituto de Estadística, Geografía e Informática. Tulancingo, Hidalgo. Página en Red: www.inegi.gob.mx. (consultada 25 de febrero 2013).

Milenio. 2009. Ya inició Feria de la Flor en Atlixco. Disponible en: <http://impreso.milenio.com/node/8607067>

SAGARPA 2013. Actualización de la Caracterización de la Cadena Productiva de Ornamentales: Gladiola y Rosa (flor de corte). Equipo de Asistencia Técnica del DDR 05 Cholula. PUEBLA

SIAP. 2013. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Suarez S. J. A. 2006. Evaluación de fertilidad de los suelos y recomendación de la fertilización en la rosa (Rosa sp) de la región de Coatepec Harinas, Estado de México.





ÍNDICE DE TOXICIDAD DE ABONOS ORGÁNICOS LÍQUIDOS PARA AGRICULTURA SOSTENIBLE

Cruz-Hernández J^{1*}; Acevedo-Alcalá P²; Cruz-López V³; Báez-Cruz C G¹

¹Colegio de Postgraduados Camus Puebla. Puebla México

²Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala, San Diego Xocoyucan, Tlaxcala, México

³Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México

* Autor responsable: javiercruz@colpos.mx; Km. 125.5 Momoxpan, Municipio de San Pedro Cholula, Puebla. C.P. 72760. México. Tel. 227 111 27 51

Resumen

Los abonos orgánicos líquidos representan una alternativa de sustitución o complemento al uso de fertilización química, pero por sus características y calidad diversa, pueden presentar toxicidad que podrían afectar el desarrollo de los cultivos. Se comparó el efecto tóxico de un lixiviado de lombricomposta, tres biofermentos elaborados a base de estiércol porcino, vacuno y biosólidos de granja piscícola, y un abono comercial, aplicados a tres dosis (0,25:5, 0,5:5 y 1:5 v:v del producto en agua) en acelga y lechuga en un bioensayo de germinación, bajo condiciones controladas de temperatura (25°C) y humedad relativa (65%), y con un total de 32 tratamientos distribuidos en un diseño experimental completamente al azar. Se midió longitud de raíz y brote, porcentaje de germinación, índice de germinación, crecimiento relativo de raíz y porcentaje de germinación relativo. Todos los productos utilizados mostraron un bajo grado de toxicidad, excepto el biofermento de cerdo que alcanzó valores promedio de Ig inferiores al 70% dependiendo de la dosis aplicada en lechuga. Se observó una tendencia a un mayor índice de toxicidad con aumentos graduales en las dosis y se consiguió una respuesta diferente en función de la especie utilizada.

Palabras clave:

Estiércol; compost; extracto; lixiviado; biofermento; germinación

Introducción

Una de las alternativas para mejorar las propiedades tanto físicas como químicas y biológicas del suelo, y la única fuente de nutrientes alternativos al uso de sustancias químicas en agricultura orgánica, lo constituye el uso de abonos orgánicos tanto sólidos como líquidos. Los abonos líquidos incluyen a lixiviados de lombricompost y compost, téis de compost, extractos de plantas, extractos y ácidos húmicos y fúlvicos, biofermentos entre otros, elaborados con diferentes residuos orgánicos. Para que puedan ser usados como tales, deben cumplir con características de calidad establecidos en normas específicas. Se usan por sus efectos en mejoras en la nutrición de los cultivos en condiciones de pH alcalino o en suelos salinos (Medeiros *et al.*, 2011), los téis de compost (Litterick y Wood, 2009), los lixiviados y biofermentos elaborados a base de residuos vegetales o de estiércol, aplicados al suelo o por vía foliar, han mostrado efectos positivos en el crecimiento y producción de cultivos (Pant *et al.*, 2009; Vetayasuporn, 2009; Medeiros *et al.*, 2011).



Algunos abonos orgánicos pueden ocasionar efectos negativos en la germinación y crecimiento de plantas sensibles a materia orgánica poco estabilizada. Tanto la madurez como la estabilidad son los principales requerimientos que los compost deben de cumplir para ser usados como abonos (Bernal *et al.*, 1997). Si un compost se aplica inmaduro o no estabilizado puede tener un comportamiento tóxico y afectar el desarrollo de los cultivos (Paradelo *et al.*, 2001; Zubillaga y Lavado, 2006). Para detectar de manera indirecta la presencia de toxinas, se pueden utilizar bioensayos con semillas de especies indicadoras (Zucconi *et al.*, 1981; Emino y Warman, 2004). Diferentes trabajos se han realizado para conocer la fitotoxicidad de los abonos, pero los resultados obtenidos han sido muy diversos o incluso contrastantes (Paradelo *et al.*, 2001). Al respecto, Zucconi *et al.* (1981) establece que un abono orgánico puede considerarse como apto para ser usado como tal cuando muestra un índice de fitotoxicidad superior al 70%.

El propósito fue determinar el grado de fitotoxicidad de cuatro diferentes biofermentos, hechos a base de estiércoles de animales, con los que se pueda tomar decisiones previas a su valoración y uso de manera extendida en condiciones de campo e invernadero, partiendo del supuesto de que al menos un producto evaluado resultaría superior al producto comercial por su bajo grado de fitotoxicidad.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en condiciones de laboratorio en el CP Campus Puebla. Se usaron cuatro biofermentos elaborados con estiércol vacuno, ovino, conejo y biosólidos de pez, un lixiviado de lombricomposta, en comparación con un abono comercial. A muestras de cada producto se midió pH y CE (CONDUCTRONIC PC18, NOM-FF-109-SCFI-2007) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Principales características de los abonos líquidos evaluados

Producto	Características			
	pH	Conductividad eléctrica (dS/m)	Materia orgánica (%)	Carbono orgánico (%)
Lixiviado	9.33	10.02	23.87	13.85
Biof. Vaca	8.18	6.31	112.01	64.97
Biof. Cerdo	7.68	6.45	157.94	91.61
Biof. Pez	8.39	4.32	51.50	29.88
Comercial	7.20	2.78	113.82	66.02

Biof. = biofermento.



En el bioensayo se usaron semillas de lechuga (París Island) y acelga (Fordhook Southern). Se evaluaron tres proporciones 0,25:5, 0,5:5 y 1:5 de cada producto en agua destilada (v:v). Se generó un total de 32 tratamientos ($5 \times 2 \times 3 + 2$), resultado de la combinación de cinco productos, dos especies y tres proporciones, más dos tratamientos control con agua destilada por especie. Se sembraron 10 semillas por especie sobre papel filtro humedecido con 6 mL del extracto en cajas Petri. Se usaron tres repeticiones tratamiento (30 semillas). Las cajas se colocaron en una cámara de germinación (BL Barnstead/Lab-Line, 25 °C y 65% de HR) durante siete días, según Zucconi *et al.* (1981) y Varnero *et al.* (2007). Se calculó el porcentaje de germinación relativo (Pgr), crecimiento de la radícula relativo (Crr) e índice de germinación (Ig), según la metodología descrita por Tiquia (2000). El criterio usado fue según Emino y Warman (2004), si el IG < 50% indica alta fitotoxicidad, entre 50 y 80% es moderada y si es > 80% no presenta fitotoxicidad. Se realizó un análisis GLM por factor de estudio con el programa estadístico SAS, y se realizaron pruebas de comparación de medias (Tukey). Los datos en porcentaje se transformaron (Molinero, 2003).

Resultados y Discusión

En el Cuadro 2, se observa que el producto y la dosis aplicada provocaron diferencias en las variables longitud de brote y radícula; mientras que la especie presentó efectos significativos en todas las variables de estudio excepto en porcentaje de germinación y número de semillas germinadas. Los productos evaluados mostraron longitudes de brote similares al obtenido con el control con agua destilada, excepto el lixiviado de lombricompost que resultó con un valor inferior de longitud de brote y radícula. El biofermento de biosólidos de pez y el producto comercial consiguieron las mayores longitudes de radícula. Todos los productos mostraron IG estadísticamente similares al control, pero el lixiviado alcanzó un valor inferior al testigo, y en todos los casos con valores superiores al 80%, lo que podría estar asociado a un bajo o nulo efecto de toxicidad de los productos estudiados.

La comparación entre dosis manifestó una tendencia a la reducción de la longitud de brote y la radícula con aumentos graduales en la proporción del producto aplicado. En el IG se puede apreciar una tendencia similar de cerdo con incrementos en las proporciones usadas. Los resultados coinciden con los observados por Emino y Warman (2004) quienes indican que de catorce especies evaluadas.

Al hacer la comparación entre especies, la lechuga presentó los menores valores en todas las variables estudiadas, muy probablemente debido a que es más sensible a un posible efecto fitotóxico de los abonos; la cual mostró unos IG muy bajos con el uso de biofermentos en bioensayos de toxicidad, la lechuga, zanahoria y *Amaranthus tricolor* fueron las especies con mayor potencial como indicadoras del grado de toxicidad de un compost.



Cuadro 2. Comparación de medias por factor de estudio en bioensayo de germinación de lechuga.

Fuentes de Variación	P.G. (%)	L.B. (cm)	L.T. (cm)	L.R. (cm)	G.R. (%)	C.R.R. (%)	I.G. (%)	S.G
<u>Producto</u>								
Lixiviado	73,33 a	2,81 b	0,88 a	1,92 b	110,57 a	72,53 a	95,95 a	7,33 a
Vaca	77,22 a	3,75 ab	1,05 a	2,44 ab	123,69 a	84,75 a	127,08 a	7,72 a
Cerdo	63,33 a	3,00 ab	0,92 a	2,59 ab	101,08 a	96,05 a	122,01 a	6,33 a
Pez	75,56 a	3,22 ab	1,06 a	2,91 a	115,12 a	111,17 a	141,68 a	7,56 a
Comercial	73,89 a	3,46 ab	0,85 a	2,80 a	111,34 a	107,47 a	124,01 a	7,39 a
Control	70,00 a	4,00 a	1,19 a	2,60 ab	100,00 a	100,00 a	100,00 a	7,00 a
<u>Dosis</u>								
0.00:5	70,00 a	4,00 a	1,19 a	2,60 ab	100,00 a	100,00 a	100,00 a	7,00 a
0.25:5	76,00 a	3,56 ab	1,04 a	2,90 a	118,84 a	107,14 a	145,10 a	7,60 a
0.50:5	74,33 a	3,28 ab	1,00 a	2,6 ab	111,85 a	96,04 a	117,68 a	7,43 a
1.00:5	67,67 a	2,90 b	0,80 a	2,13 b	106,39 a	80,01 a	103,66 a	6,77 a
<u>Especie</u>								
Lechuga	72,92 a	2,35 b	0,66 b	1,41 b	84,46 b	63,69 b	59,90 b	7,29 a
Acelga	72,08 a	4,24 a	1,28 a	3,66 a	138,72 a	125,80 a	181,62 a	7,21 a
Prod x Dosis	*	**	ns	ns	*	ns	ns	**
Prod x Esp.	*	ns	ns	*	ns	ns	ns	*
Dosis x Esp.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Prod x Dosis x Esp.	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns

Medias por fuente de variación con el mismo grupo de letras no muestran diferencias Tukey 0,05

P.G. = porcentaje de germinación; L.B.= longitud de brote; L.T. = longitud total; L.R.= longitud de radícula; G.R. = germinación relativa; C.R.R.= crecimiento radicular relativo; I.G. = índice de germinación
 S.G. = semillas germinadas

Conclusiones

Los biofermentos estudiados presentaron de bajo a moderado índice de fitotoxicidad. Las diferencias observadas en los efectos fitotóxicos dependieron de la especie, la proporción utilizada y en menor medida por el producto valorado. Los mayores efectos fitotóxicos se obtuvieron con las proporciones 1:5 v:v del producto en agua y la lechuga resultó más sensible a los productos y dosis aplicadas. Los productos podrían ser usados como abonos orgánicos por su bajo a moderado nivel de fitotoxicidad.



Bibliografía

- Bernal M.P.; Paredes C.; Sánchez-Monedero M.A. and Cegarra J. 1997. Maturity and stability parameters of compost prepared with a wide range of organic wastes. *Bioresource Technology* 63:91-99.
- Emino R. E. and Warman R. P. 2004. Biological assay for compost quality. *Compost Science and Utilization* 12:342-348.
- Litterick A. and Wood, M. 2009. The use of compost and compost extracts in plant disease control. WlTERS, D. (editor). *Disease Control in Crops. Biological and environmental Friendly Approaches*. First Edition. Wiley-BlackWell, A John & Sons, Ltd., Publication. Edinburgh, UK. p 93 – 121.
- Medeiros, R. F., Cavalcante, L. F., Mesquita, F. O., Rodrigues, R. M., Sousa, G. G. and Diniz, A. A. 2011. Crescimento inicial do tomateiro-veja sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes bovino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 15(5):505-5011.
- Moliner, L. M. 2003. ¿Y si los datos no siguen una distribución normal? *Asociación de la Sociedad Española de Hipertensión. Alce Ingeniería*. España. 5 p. Disponible en: <http://www.seh-lelha.org/stat1.htm>
- Pant, A. P., Radovich, T. J. K., Hue, N. V., Talcott, S. T. and Krenek, K. A. 2009. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, *Chinensis* group) grown under vermicompost and chemical fertiliser. *J. Sci. Food Agric*. 89:2383-2392.
- Paradelo R.; Moldes A.B.; Prieto B.; Sandu R-G. and Barral M.T. 2001. Can stability and maturity be evaluated in finished composts from different sources?. *Compost Science and Utilization* 18:22-31.
- Tiquia S.M. 2000. Evaluating phytotoxicity of pig manure from the pig on litter system. En P.R. Warman y B.R. Taylor, Ed., *Proceedings of the International Composting Symposium*, CBA Press Inc. Truro. p: 625-647.
- Varnero M.; Rojas C. y Orellana R. 2007. Índices de Fitotoxicidad en Residuos Orgánicos Durante el Compostaje. *R.C. Suelo Nutr. Veg* 7:28-37.
- Vetayasuporn, S. 2009. Effect of dry grass fermented fertilizer on growth and yield of Chinese kale (*Brassica oleracea*) production. *Research Journal of Agriculture and Biological Science*. 5(6):1110-1114.
- Zubillaga M.S. and Lavado R.S. 2006. Phytotoxicity of biosolids compost at different degrees of maturity compared to biosolids and animal manures. *Compost Science and Utilization* 14:267-270.
- Zucconi, F.; Pera Antonio and Forte M. 1981. Evaluations toxicity in immature compost. *Biocycle* 22: 54-57.





LA FERTILIDAD DE SUELOS DEGRADADOS EN LA MIXTECA ALTA OAXAQUEÑA

Estrada-Herrera, I.¹; Etchevers-Barra, J.²; Hidalgo-Moreno, C.³; Almaraz-Suárez, J.⁴; Navarro-Garza, H.⁵; Guzmán-Plazola, R.⁶

^{1,2,3,4}Colegio de Postgraduados, Programa de Edafología, Texcoco, México.

⁵Colegio de Postgraduados, Programa de Desarrollo Rural, Texcoco, México.

⁶Colegio de Postgraduados, Programa de Agroecología, Texcoco, México.

*Autor responsable: isa_eh@colpos.mx; Calle Taletec Lote. 29 Mzn. 190., Barrio Fundidores, Chimalhuacán, Estado de México, México. CP 56334; Tel. +55 2287-00 61

Resumen

El presente estudio se realizó en la Mixteca Alta Oaxaqueña, en donde hay suelos que presentan signos graves de erosión y bajos niveles de producción. Se realizó una caracterización cartográfica del área de estudio que comprende cinco comunidades de alta y muy alta marginación, se tomó como referencia la cartografía existente de INEGI, se identificaron zonas degradadas, agrícolas y bosque y se seleccionaron sitios de muestreo, se tomaron muestras compuestas y se realizó un análisis químico rutinario para conocer su nivel de fertilidad. Los resultados muestran sitios agrícolas en los cuales los niveles de fertilidad son similares a sitios de suelos degradados, lo que explica el porqué de los bajos rendimientos de la zona. Este estudio es la base de una investigación en la cual el objetivo es proponer alternativas de recuperación de suelos degradados en esta área de estudio.

Palabras clave

Degradación de suelos; fertilidad de suelos, Mixteca Alta Oaxaqueña.

Introducción

Desde hace décadas los ecosistemas han sufrido modificaciones en sus condiciones físicas, químicas y biológicas, provocados principalmente por actividades antropogénicas que han intensificado y/o cambiado el uso de suelo, lo cual ha generado procesos de degradación física, química y biológica de este recurso y que son difícilmente reversibles. El proceso de degradación química más importante es la disminución del contenido de nutrientes que se relaciona directamente con la fertilidad de los suelos y en degradación física la pérdida de suelo es la más importante, por su impacto destructivo y por ser el proceso de carácter irreversible que causa mayor deterioro en los suelos. Si bien la fertilidad del suelo es la base productiva de los mismos, para aspirar a conservarla es necesario evitar su pérdida a través de prácticas tradicionales que permitan la recuperación o en su caso el mantenimiento de los niveles de fertilidad del suelo (Sullivan, 2007). En México el 97% de los suelos presentan algún grado de erosión. Las principales causales son una historia de agricultura intensiva, la deforestación y el cambio de uso de suelo de forestal a agrícola. De las regiones más degradadas del país, la región Mixteca de Oaxaca se caracteriza por presentar alrededor del 95 % de su superficie erosionada, en 1998 ya se reportaba que cerca de 500,000 has de esta región presentaban

problemas muy severos de erosión (Serrano, Embriz y Fernández, 2002), el estudio de evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre (Semarnat-CP, 2003) muestra que la Mixteca Alta Oaxaqueña (MAO) presenta degradación química moderada y fuerte., por otro lado, la definición del estado de la fertilidad de un suelo requiere información sobre disponibilidad de los nutrimentos, presencia de elementos tóxicos y propiedades químicas, físicas y biológicas; lo que permite tomar decisiones acerca de su manejo (Vergara, *et al.*, 2005) El objetivo de este estudio fue caracterizar cartográficamente una zona de la Mixteca Alta Oaxaqueña y caracterizar químicamente suelos agrícolas, degradados y de bosque en esa zona, para comparar sus niveles nutrimentales; Lo cual servirá de base para proponer alternativas de recuperación de fertilidad de suelos degradados en esta zona de estudio.

Materiales y Métodos

Caracterización cartográfica

Se compiló la información cartográfica existente sobre la región de estudio. Como fuentes de información se consultó la cartografía generada por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) y la Comisión Nacional para la Biodiversidad (CONABIO). La información fue procesada y estandarizada mediante el programa Arc Gis versión 10 (Environmental Systems Research Institute, Redlands, California) Se generaron capas geográficas específicas del área de estudio. Mediante técnicas de análisis geográfico se interpretaron y analizaron las capas generadas para relacionar las características del área de estudio con los problemas de degradación del suelo.

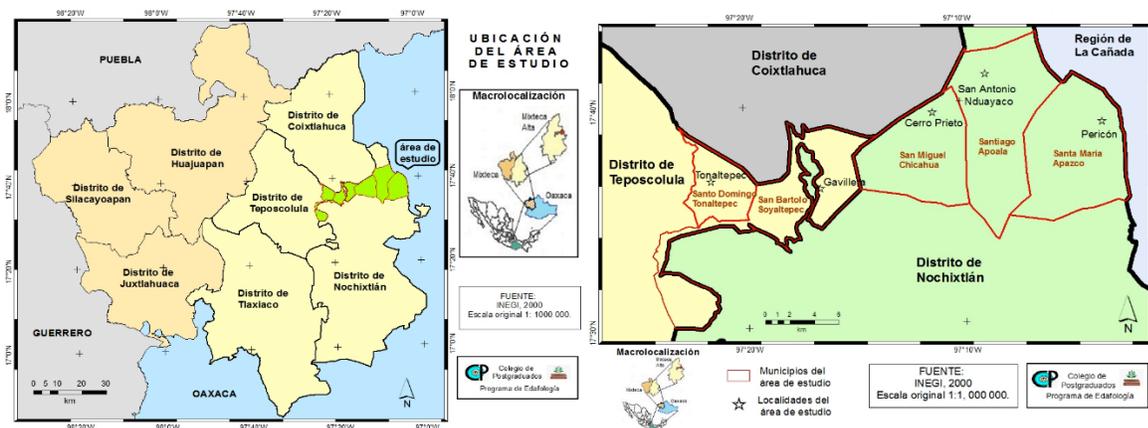


Figura 1. Macro y micro localización del área de estudio.

Caracterización química del suelo

Se seleccionaron cinco comunidades de cinco municipios de la MAO (Figura 1), para lo cual se realizó un recorrido de campo. El principal criterio usado para esta selección fue la ubicación de las comunidades que estuvieran en la parte más alta de la MAO y el grado de marginación de las comunidades. De este recorrido se derivó también la selección de parcelas y sitios de muestreo de suelo. El principal criterio de selección de estos sitios fue que presentaran degradación física y/o bajos rendimientos y que fueran físicamente contrastantes. Se tomaron muestras compuestas a una profundidad de 0 a 30 cm de cada sitio (Cuadro 1). Las muestras



se trasladaron al laboratorio de fertilidad de suelos del Colegio de Postgraduados para su procesamiento. Se determinó el pH (en agua relación 1:2), Conductividad eléctrica (en agua

relación 1:2) materia orgánica (combustión húmeda método Walkey and Black), nitrógeno estimado (a partir de la materia orgánica), fósforo (método Olsen), bases intercambiables (Ca, Na, K y Mg, extracción con acetato de amonio y acetato de sodio), capacidad de intercambio catiónico (CIC, estimada a partir de la suma de bases), microelementos (Mn, Zn, Cu y Fe, extracción con DTPA) y textura (Método Boyoucus). Los resultados se analizaron y relacionaron con los resultados encontrados en la caracterización cartográfica y son la base para posterior a esto proponer alternativas a corto, mediano y largo plazo para mantener o incrementar la fertilidad del suelo.

Cuadro 1. Número de muestras compuestas por comunidad en el área de estudio.

Distrito	Municipio	Comunidad	No. de muestras compuestas
Teposcolula	Santo Domingo Tonaltepec	Tonaltepec	11 suelo agrícola 4 suelo degradado
	San Bartolo Soyaltepec	Gavillera	9 suelo agrícola 1 suelo degradado
Nochixtlán	San Miguel Chicahua	Cerro Prieto	6 suelo agrícola 2 suelo degradado 1 bosque
	Santiago Apoala	SanAntonio Nduayaco	12 suelo agrícola 1 suelo degradado 1 bosque
	Santa María Apazco	Pericón	8 suelo agrícola 3 suelo degradado
TOTAL			59 muestras

Resultados y Discusión

Los resultados de la caracterización cartográfica indican que; el área de estudio pertenece a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur y a las subprovincias de la Mixteca Alta y Sierras Centrales de Oaxaca (INEGI, 2000a), las topoformas dominantes son la Sierra de cumbres tendidas y la sierra baja compleja (INEGI, 2000b) los tipos de clima presentes son el semiseco semicálido, semiseco templado y predomina el templado subhúmedo (INEGI, 1998), comprende tres regiones hidrológicas la Región Balsas, la Costa Chica de Guerrero y la del Papaloapan la cual predomina (INEGI-INE-CONAGUA. 2007); geológicamente predominan las rocas sedimentarias y en menor superficie las ígneas extrusivas (básicas), principalmente de la era del Cenozoico y Mesozoico, una pequeña área del municipio de Apazco tiene rocas del Paleozoico de los sistemas cretácico (caliza y caliza-lutita) y paleoceno (conglomerado), el tipo de rocas que predominan son calizas, seguidas por las Andesitas y la asociación Caliza-lutita (INEGI, 2005). Los tipos de suelo presentes en el área de estudio son tres, Litosol (Tonaltepec y Gavillera), Pheozem (Cerro Prieto y Pericón) y Regosol (Nduayaco)(INEGI, 2008); el área presenta en el 47.7 % de su superficie erosión leve (47.7 %) que corresponde a áreas boscosas o con cobertura vegetal de algún tipo, pero las áreas que presentan erosión de moderada a extrema son considerables (CGP-SAGARPA-CP-CONAFOR, 2009), de acuerdo a Semarnat y CP (2003) la degradación en el área de estudio es ligera (coincide con la erosión) y de moderada a fuerte en algunas zonas, en las cuales presenta problemas de erosión hídrica y por viento con pérdida y/o deformación del suelo causados principalmente por sobrepastoreo, sobreexplotación de vegetación para uso doméstico y actividades agrícolas, así como



declinación de la fertilidad y reducción de la materia orgánica / Deforestación con remoción de vegetación / Actividades agrícolas en el 28.6 % de su superficie. La vegetación predominante es el pastizal inducido, seguido de los bosques de encino y tazcate, el uso de suelo predominante es la agricultura de temporal anual (INEGI, 2013). El mapa de clases de pendiente fue elaborado a partir del Modelo Digital de Elevación de INEGI (2012) y se generaron cinco clases de pendiente de acuerdo a FAO (1994), de las cuales las predominantes fueron de 5 a 15 % con forma moderadamente inclinada (44.3 %) y 15 a 30 % con forma fuertemente inclinada, con zonas con forma muy escarpada con pendientes de más del 60%, lo cual se atribuye a la orografía y topofomas del área.

Los resultados de la caracterización química de los suelos muestreados indican que; el 90 % de las muestras presentan contenidos elevados de Ca, el pH en el 80 % de las muestras es alcalino, y de acuerdo a Castellanos (2000) en Tonaltepec (Suelo Litosol) los suelos son calcáreos con pH en su mayoría alcalinos y presentan contenidos bajos y muy bajos en casi todos los elementos analizados, en la comunidad de Gavillera (Suelo Litosol) los suelos presentan las mismas características, solo dos sitios de diez muestreados, presentan contenidos altos de fósforo y de materia orgánica respecto a los otros sitios de muestreo; en la comunidad de Pericón (Suelo Pheozem) el contenido de nutrientes del suelo incrementó en los contenidos de fósforo, materia orgánica y magnesio; en la comunidad de Cerro Prieto se tiene el mismo tipo de suelo (Suelo Pheozem) pero los contenidos nutrimentales con menores que en Pericón, la diferencia puede radicar en que en Cerro Prieto las prácticas agrícolas incluyen la incorporación de abonos y residuos orgánicos, las cuales con menos comunes en Pericón. En la comunidad de Nduyaco (suelo Regosol) los contenidos de materia orgánica fueron menores que en los suelos Pheozem, los pH más alcalinos y los contenidos de Ca menores pero en el rango de altos. Los rendimientos de maíz en promedio en la zona, oscilan entre los 250 y 700 Kg. Las comunidades con el menor nivel de fertilidad son Tonaltepec y Gavillera, siendo estas comunidades las más cercanas a la parte que de acuerdo a Semarnat-CP (2003) presenta los niveles de degradación fuerte y extrema.

Conclusiones

La caracterización cartográfica muestra que el área de estudio presenta problemas de erosión y degradación, que pueden deberse a varios orígenes; naturales, sociales, ambientales, sobreexplotación y mal manejo de los recursos naturales. El suelo es el recurso natural que menos ha recibido atención para su conservación, seguido del bosque.

La caracterización química del suelo indica que es los contenidos de nutrientes de los suelos, en general, requieren prácticas que permitan su conservación e incrementen su contenido y disponibilidad.

Con toda la información ya obtenida y generada hasta esta parte de la investigación, la siguiente fase de este trabajo será proponer alternativas de recuperación y/o mantenimiento de la fertilidad de los suelos que generan mayores volúmenes de producción y a la vez la conservación del recurso suelo.



Bibliografía

- Castellanos, J., J. X. Uvalle B. A., Aguilar, S. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola, 201. Pág.
- CGP-SAGARPA-CP-CONAFOR, 2009. Mapa de Uso de Suelo y Vegetación, serie III y IV, Escala 1:250 000. Cartografía en formato digital. México.
- INEGI-INE-CONAGUA, 2007. Mapa de las Cuencas Hidrográficas de México escala 1: 250 000. Cartografía en formato digital. México.
- INEGI, 1998. Unidades Climáticas. Conjunto de Datos Vectoriales Climáticos. Continuo Nacional Escala 1:1'000,000. Cartografía en formato digital. México
- INEGI, 2000. Provincias Fisiográficas. Conjunto de Datos Vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional. Escala 1:1'000,000. Cartografía en formato digital. México
- INEGI, 2000a. Subprovincias Fisiográficas. Conjunto de Datos Vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional. Escala 1:1 000,000. Cartografía en formato digital. México
- INEGI, 2000b. Sistema de Topoformas. Conjunto de Datos Vectoriales. Continuo Nacional. Escala 1:1'000,000. Cartografía en formato digital. México.
- INEGI, 2005. Geología. Conjunto de Datos Vectoriales. Continuo Nacional. Escala 1: 250,000. Cartografía en formato digital. México.
- INEGI, 2008. Edafología. Conjunto de Datos Vectoriales. Continuo Nacional. Escala 1: 250,000. Dirección General de Geografía, Aguascalientes, México.
- INEGI, 2013. Conjunto Nacional de Uso de Suelo y Vegetación, Serie V. Escala 1: 250 000. Cartografía en formato digital. México.
- Semarnat-CP, 2003. Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana. Escala 1:250 000. Memoria Nacional 2001-2002.
- Serrano, C. E., Embriz, O. A., y Fernández, H. P. 2002. Indicadores socioeconómicos de los pueblos indígenas de México. México. I.N.I./U.N.D.P-México/CONAPO.
- Sullivan, P. 2007. El Manejo Sostenible de Suelos. [En línea] Disponible en: www.attra.ncat.org/espaol/pdf/suelos.pdf. Consultado: Agosto 2011.
- Vergara, S. M.A., Etchevers B. J.D., Padilla, C. J. 2005. La fertilidad de los suelos de ladera en la sierra norte de Oaxaca. Agrociencia, ISSN 1405-3195, Vol. 39, N°. 3, 2005 , págs. 259-266.





RESPUESTA DE *ASTRAGALUS MOLLISSIMUS* TORR. A MALAS HIERBAS DEL SUELO

Flores-Córdova, MA.^{1*}; Sánchez-Chávez, E.¹ Pérez-Leal, R.²

¹Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C.1 Cd. Delicias, Chihuahua, México.

²Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua 2. Chihuahua, Chih. México.

*Autor responsable:mariflor_556@hotmail.com; Calle Av. 4ta. Sur Núm. 3820, Col. Fracc. Vencedores del Desierto, Cd. Delicias Chihuahua, México. País. CP 33089; Tel. +52(639)-4748400

Resumen

Las malas hierbas afectan el suelo y la producción agrícola. El uso de herbicidas químicos ha ocasionado daños ambientales y a la salud humana. Esto ha originado la búsqueda de compuestos biodegradables con actividad herbicida, por lo que el objetivo fue evaluar las propiedades alelopáticas de *Astragalus mollissimus* Torr. en semillas de malezas como: zacate carrizo (*Arundo donax*) zacate johnson (*Sorghum halepense*), zacate ray-grass(*Lolium multiflorum*),lechuga silvestre (*Lactuca vitrosa*), alfalfa (*Medicago sativa*), con diferentes concentraciones de 1,1.5, 2, 2.5, 3 y 3.5 g/l⁻¹de extractos acuosos, acetónico y metanólico de hoja, las variables a medir fueron germinación total (Gt) y velocidad de germinación acumulada (AGV). Los resultados de los extractos orgánicos de acetona, probaron un efecto fitotóxico en la inhibición de la germinación de los zacates carrizo y johnson. Lo que permitió detectar la actividad alelopática de *Astragalus mollissimus*, como posible especie con actividad herbicida.

Palabras clave

hierba loca; herbicida; malezas; germinación; inhibición.

Introducción

Existe hoy en día una amenaza importante y creciente a los avances logrados en cuanto a la conservación del suelo, debido a la necesidad extrema, de controlar las malezas resistentes a Cualquier medio posible incluyendo la labranza (CAST, 2013).La incidencia nociva de estas plantas indeseables, también conocidas como malezas o malas hierbas, las cuales alteran el suelo y el hábitat, son uno de los mayores obstáculos a la producción agrícola del mundo (FAO, 2007).

Se considera que la alta capacidad reproductiva, la longevidad y latencia de semillas en el suelo y la reproducción vegetativa, son las características más comunes de las principales malas hierbas. Es importante considerar que el control de maleza en cultivos agrícolas debe entenderse como un sistema de manejo de las poblaciones actuales y futuras de estas especies (Zimdahl, 1993), toda vez que el suelo está en el centro de la cuestión como componente clave de la producción y como recurso natural, que además amortigua efectos indeseables sobre otros componentes del medio ambiente (Hang, 2012). El principal medio de control de las malezas en la agricultura tecnificada es el combate químico, el uso de estos



compuestos sintéticos han causado serios daños al ambiente y a la salud humana, la mayoría irreversibles al ambiente (Rojas y Gámez, 2002; Cabral *et al.*, 2008).

Las plantas sintetizan diferentes metabolitos que semejan la acción de los químicos sintéticos con la ventaja de que son biodegradables y juegan un papel importante en el equilibrio ambiental (Rizvi y Rizvi, 1992), por consiguiente la búsqueda y desarrollo de nuevos agroquímicos ha puesto especial atención a los metabolitos secundarios involucrados en este fenómeno (Avila *et al.*, 2007; Gliessman, 2002). La gran diversidad de plantas alelopáticas justifica la necesidad de investigar otras especies que nunca han sido estudiados, como *Astragalus mollissimus* Torr., asociada a la presencia de metabolitos secundarios alcaloidales tales como locoina y swansinoína, convirtiéndose en una planta interesante de investigación como agente herbicida natural (Saucedo, 2008).

Con base en lo anterior, el objetivo de esta investigación consistió en evaluar la actividad alelopática de extractos de hoja de diferente polaridad de *A. mollissimus* Torr., en semillas de *A. donax*, *S. halepense*, *L. multiflorum*, *L. vitrosa*, y *M. sativa*.

Materiales y Métodos

Preparación del material vegetal: El material vegetal colectado se lavó con agua a chorro y se secó a temperatura ambiente. Posteriormente se secó en una estufa marca Felisa durante cinco días a una temperatura de 45 °C para eliminar el resto de humedad y se molió en un molino eléctrico Willy, hasta convertirlo en polvo fino.

Preparación de los extractos: Los extractos orgánicos se obtuvieron mediante la maceración del material de la planta con acetona, diclorometano y metanol durante ocho días a temperatura ambiente. Los extractos crudos se obtuvieron concentrando a presión reducida en un rotavapor. Para preparar los extractos acuosos se maceró el material vegetal hoja, durante 24 h. Se preparó una solución madre, de la cual se tomaron las concentraciones a utilizar 1, 1.5, 2, 2.5, 3 y 3.5 g/l⁻¹.

Preparación de los tratamientos: Para los extractos orgánicos y acuosos se prepararon 6 disoluciones de diferente concentración, al 1, 1.5, 2, 2.5, 3 y 3.5 % y como testigo se utilizó solamente solvente puro o agua destilada según correspondiera.

Bioensayos *in vitro*: Se probaron cada una de las concentraciones en las semillas, se le realizaron previamente pruebas de viabilidad y se trabajó con aquellas que tuvieron mayor porcentaje de germinación. El experimento se llevó a cabo según el método descrito por Pérez-Leal *et al.* (2005). En cajas petri se colocó papel filtro Wattman No.1, adicionándose por separado 2.5 ml de cada concentración de los extractos, se depositaron 10 semillas de cada especie en cada caja petri, utilizándose como testigo agua destilada. El testigo se preparó de manera similar utilizando el disolvente puro correspondiente y posteriormente evaporándolo. Se tomaron lecturas cada 24 h. Las variables que se consideraron para evaluar la actividad alelopática: fueron germinación total (Gt; porcentaje de semillas germinadas) y velocidad de germinación acumulada (AGV) según Anjum y Bajwa (2005).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron realizando el ANAVA para un diseño experimental completamente al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento y una comparación de medias de Tukey mediante el uso del software SAS versión 9.0 (2002).

Resultados y Discusión

Extracto acuoso de hoja: Los resultados mostraron nula fitotoxicidad en alfalfa y ray-grass siendo estadísticamente no significativos (Figura 1). Se encontraron diferencias significativas en las concentraciones aplicadas con respecto al control en lechuga, zacate johnson y carrizo con un efecto de inhibición de germinación a partir de la mínima concentración probada.

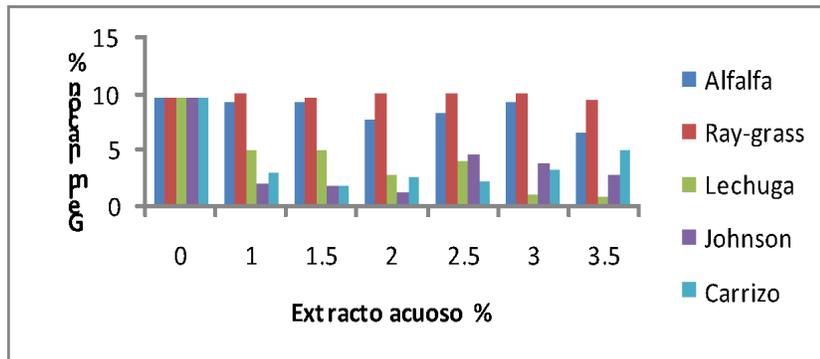


Figura 1. Efecto del extracto acuoso de *A. mollisimum* en la germinación de las cinco especies probadas.

Coincidiendo con otras investigaciones como es el caso de Corbino *et al.* (2002), quienes estudiaron la posible actividad biológica de extractos foliares de *Chenopodium album* sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de lechuga, observaron inhibición con el extracto acuoso produciendo diferencias significativas respecto del control, en la longitud del hipocotilo. Así mismo, Puente *et al.* (2003) comprobaron el comportamiento alelopático del cultivo del girasol (*Helianthus annuus*L.) en la germinación y desarrollo de algunas malezas bajo condiciones de campo controladas. Utilizaron extractos acuosos de girasol al 50 % (v/v) con 5 mL del extracto, mostrando una mayor inhibición en la germinación y en el retardo del crecimiento.

Extracto de acetona: En relación al extracto de acetona, existen diferencias significativas entre el control y las cinco especies probadas (Figura 2), a partir de la concentración de 3 g alfalfa presento una inhibición de germinación del 85 %, al igual que ray-grass, mientras que en lechuga la concentración de 3 g tuvo un porcentaje de inhibición del 80 %, en cuanto a johnson a partir de la concentración 2.5 g existe una inhibición del 90 % y en carrizo a partir de la concentración mínima probada hubo un efecto marcado con un 100 % de inhibición de germinación, por lo que el extracto acetona hoja observó fitotoxicidad para todas las especies probadas.

Extracto de metanol: Con respecto a metanol, en lechuga a partir de la mínima concentración probada se obtuvo el 100 % de inhibición, Cabral *et al.* (2008) determinaron el potencial alelopático de neem (*Azadirachta*), sobre el crecimiento del sorgo, utilizando extractos de metanol, agua y hexano, en concentraciones de 10, 5 y 2 g de las hojas de neem, obteniendo un porcentaje de inhibición del 80 % lo que es similar a los resultados obtenidos en este trabajo.

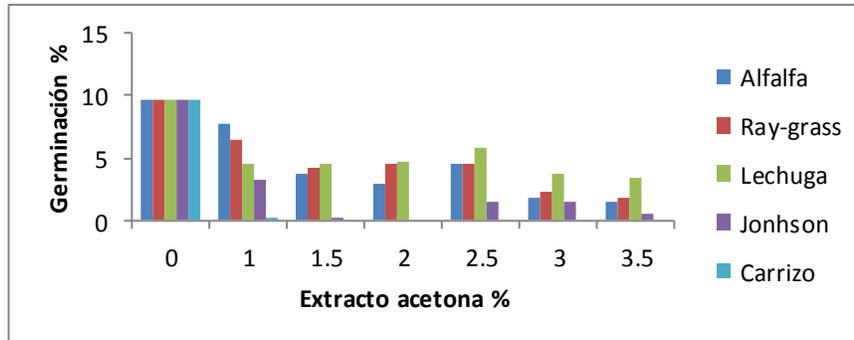


Figura 2. Efecto del extracto acetónico de *A. mollissimus* en la germinación de las cinco especies probadas.

En lo que se refiere a los extractos orgánicos, acetona fue el más tóxico para las semillas de carrizo. Por otro lado, aunque se observó baja fitotoxicidad del extracto acuoso en comparación con los orgánicos, el primero tiene menos implicaciones ecológicas, aunque el estudio de los extractos orgánicos permite identificar sustancias o metabolitos en algunos casos con mayor potencial fitotóxico, y pueden servir de modelo para la síntesis de nuevos herbicidas naturales (García-Mateos *et al.*, 2005).

Velocidad de germinación acumulada

Se calculó adicionalmente la velocidad de germinación acumulada (VGA) (Chiapusio *et al.*, 1997), observándose que en el extracto acuoso a partir de la mínima concentración probada, lechuga, Johnson y carrizo disminuyen su emergencia.

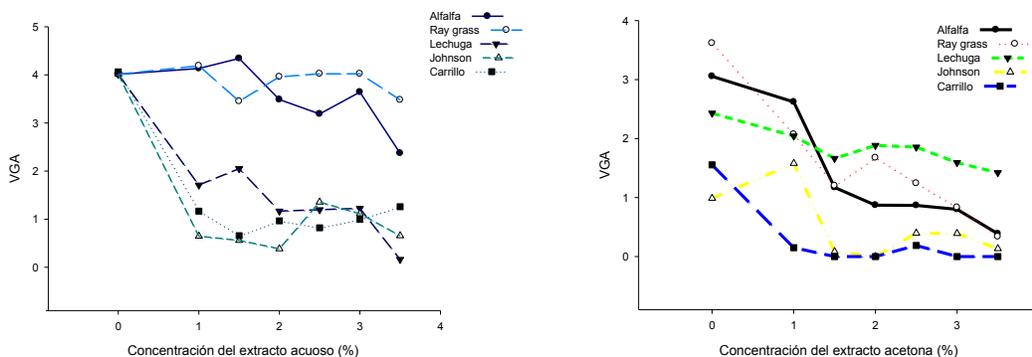


Figura 3. Velocidad de germinación acumulada del extracto acuoso y acetona de hoja de *A. mollissimus* en las cinco especies probadas



En el extracto acetónico de hoja, carrizo disminuye su germinación a partir de la mínima concentración probada, johnson disminuyó a partir de 1.5 g, alfalfa, ray-grass y lechuga disminuye a partir de la concentración de 2 g en donde decae su emergencia (Figura 3). La velocidad de germinación en la mayoría de los extractos se genera a partir de la concentración de 1g lo que nos permite analizar que no es necesaria una mayor aplicación de cantidad, siendo johnson y carrizo los de mayor velocidad de germinación.

Conclusiones

Se concluye que *Astragalus mollissimus* Torr. en su órgano hoja es sumamente efectivo en la inhibición de la germinación en un rango del 90% en malezas, pudiendo ser una alternativa de herbicida natural en el control de las mismas.

Bibliografía

- Anjum T., Bajwa R. 2005. Importance of Germination Indices in Interpretation of Allelochemical Effects. International Journal of agriculture and biology 3:417-419.
- Avila L., Murillo W., Durango E., Torres F., Quiñones W., Echeverri F. 2007. Efectos alelopáticos diferenciales de extractos de eucalipto. Scientia et Technica Colombia 1 (33):203-204.
- Cabral F. A., Ferreira de S. I, Costa dos S. C., Queiroga de O. E., Martinotto C. 2008. Actividades alelopáticas de nim sobre el crecimiento de sorgo, lechuga y *Bidens pilosa* Ciências. Agrotecnológicas Lavras 32 (5):1374-1379.
- Council for Agricultural Science and Technology (CAST).2013. Las malezas resistentes al herbicida son una amenaza para los avances logrados en la conservación del suelo: Cómo encontrar un equilibrio para la sustentabilidad del suelo y los predios agrícolas. IssuePaper 49 SPA. CAST, Ames, Iowa.
- Corbino G., Leicach S.R., Grass M.Y. Hodara K. 2002. Efectos alelopáticos de los extractos foliar de *chenopodium album* sobre la germinación y crecimiento de plántulas de lechuga. South African J. of Plant and Soil 14:(4)165-168.
- Chiapusio G., Sánchez A.M., Reigosa M.J. 1997. Do germination indices adequately reflect allelochemical effects on the germination process? Journal Chemistry Ecology 23:2445-2453.
- FAO. 2007. Recomendaciones para el manejo de malezas. División de Producción y Protección Vegetal, editado por R. Labrada. Roma, 55 p.
- García-Mateos, R., Pérez-Leal, R., Soto-Hernández, M., Peña-Valdivia, C. 2005. Plantas con actividad alelopática: fuente de herbicidas naturales., León Guanajuato) II Encuentro, participación de la mujer en la ciencia.
- Gliessman S. R. 2002. Agroecología; Procesos Ecológicos de la agricultura. Agronomía tropical de Investigación y enseñanza, Centro Agronómico Tropical de investigación y enseñanza. Costa rica, CATIE. 222 p.
- Hang, S.2012. Los suelos sobre la delgada línea entre la agricultura y el cuidado del ambiente. AACs. Jornada Nacional de Suelos INTA.
- Pérez-Leal, R., García-Mateos, M. R., Vásquez-Rojas T.R., Colinas-León, M.T. 2005. Allelopathic potential of *Petiveria alliacea* L. Agron. Sustain. Dev. 25:177-182.
- Puente I. M. Torres G. S., Fajardo G. C., Rodríguez G. M. Corona P. C. 2003. Efecto alelopático de extractos acuosos de girasol (*Helianthus annuus*L.), sobre la germinación y desarrollo de malezas bajo diferentes condiciones climáticas. Centro Agrícola1 (30):31-36.
- Rizvi, S. J. H., y Rizvi, V. 1992. Allelopathy: Basic and applied aspects. Champan and Hall, Boundary Row. London. 480 p.
- Rojas, G. M., Gámez, G. H. 2002. Herbicidas de origen natural. Ciencia UANL 2:160-164.
- SAS. 2002. SAS/STAT usersguide: Statics, Ver. 9.00. SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA. 1503 p.
- Saucedo T. R. 2008. Control químico de hierba loca. Campo experimental la campana. INIFAP SAGAR Publicación especial No. 10, Chihuahua, Chih. 1-6.
- Zimdahl, R.L. 1993. Weed biology: reproduction and dispersal. pp: 59-89. In: R.L. Zimdahl, Fundamentals of Weed Science. Academic Press, N.Y.





PRODUCCIÓN DE METANO Y TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL CON DIFERENTES FUENTES DE MATERIA ORGÁNICA FECAL

García-Galindo O¹., Pedroza-Sandoval A²., Trejo-Calzada R²., Salazar-Meléndez E¹., Luna-Anguiano J¹.

¹Universidad Politécnica de Gómez Palacio. Carretera El Vergel-La Torreña. Km 0820. Ej. El Vergel, Gómez Palacio, Dgo, Méx.

²Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. CP. 35230 Km. 35 Carretera Gómez Palacio-Cd. Juárez. Bermejillo, Dgo.

³Centro Nacional de Investigación y Desarrollo en Relaciones Agua-Suelo-Planta-Atmósfera, Gómez Palacio, Dgo.

Para correspondencia: apedroza@chapingo.uruz.edu.mx

Resumen

La producción de energía es uno de los problemas de mayor actualidad en el mundo, debido a la crisis de precios a que está sujeta y el impacto ambiental que producen, principalmente los de origen fósil. Las energías alternativas tomaron auge como una forma de abaratar costos y disminuir el impacto ambiental. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes fuentes de materia orgánica fecal a diferentes temperaturas en la producción de gas metano. En una primera fase (*In vitro*). Se usó un diseño en bloques al azar con tres repeticiones. Los factores de variación fueron cuatro fuentes de materia orgánica: humano (H), vaca (V), cerdo (Ce), cabra (Ca), más las combinaciones dobles posibles y tres temperaturas (3, 37 y 50°C). La materia orgánica fecal (MOF) de H fue significativamente ($P < 0.05$) el de menor demanda química de oxígeno (DQO) inicial y final, con valores de 564 y 183 mg L⁻¹. Mientras que la MOF de Ce y ésta en combinación con la de Ca, fueron las de mejor producción de gas metano (CH₄), la última con un valor de 142.9 µm ml⁻¹ ($P < 0.05$). Respecto al efecto de la temperatura, se identificó que la DQO inicial y la producción de CH₄ fueron estadísticamente mayores a los 37 °C con valores de 1077,6 mg L⁻¹ y 100.2 µm ml⁻¹ respectivamente. En una segunda fase (*ex vitro*). La DQO disminuyó conforme avanzó el tiempo de 1650 a 170 mg L⁻¹ y la producción de CH₄ aumentó de 0 a 0.520 m³.

Palabras clave: Energía alternativa, gas metano, biorreactor.

Introducción

México presenta un marcado contraste territorial de escasez y abundancia de agua, ya que más de dos terceras partes de su territorio son áridas o semiáridas, principalmente en el norte y el centro del país (CNA, 2001). Social, económica e hidrológicamente, el país se divide en dos grandes regiones: la zona norte, centro y noreste, donde se concentra el 77% de la población, se genera el 80% del PIB, pero únicamente ocurre el 31% del agua renovable y; la zona sur y sureste, donde habita el 23% de la población, se genera el 20% del PIB y ocurre el 69% del agua renovable (CNA, 2010). Adicionalmente a la escasez del recurso agua, hay que agregar el problema de la contaminación de la misma y la falta de cultura para su tratamiento,



del cual pueden obtenerse subproductos susceptibles de reutilizar, tales como: agua tratada para riego agrícola, producción de biocomposta, biofertilizantes y biocombustibles a partir de residuos orgánicos, entre otros. Al respecto, el sector productivo no sólo es el que más gasta agua, también es el que más contamina. Más de un 80% de los desechos peligrosos del mundo se producen en los países industrializados, mientras que en las naciones en vías de desarrollo un 70% de los residuos que se generan en las fábricas se vierten al agua sin ningún tipo de tratamiento previo, contaminando así los recursos hídricos disponibles (Rodríguez et al., 2006). Los métodos biológicos aplicados a la depuración de efluentes contaminados están siendo una opción en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales (Castelló et al., 2002). Lo anterior, aún más con la reciente crisis petrolera, el aumento de los costos, la indisponibilidad de los combustibles fósiles y la contaminación atmosférica, lo cual genera una preocupación creciente (Benavides et al., 2007). La dependencia en los hidrocarburos (gas y petróleo) hacen que un país sea particularmente vulnerable ante las variaciones de sus precios (Sierra, 2006). Ante esta situación los biocombustibles constituyen una alternativa importante para la demanda actual energética a nivel nacional y mundial; ya que pueden ser utilizados como combustibles para el transporte con pocos cambios en las tecnologías actuales y tienen importante potencial para mejorar la sostenibilidad y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Carereet al., 2008). De esta manera, la producción de biogás es una alternativa viable y cada vez de mayor pertinencia. En las zonas rurales de los países en desarrollo, diversas biomásas de celulosa están disponibles en abundancia y además tienen un buen potencial para satisfacer las demandas de energía, especialmente en el sector doméstico (Shanta et al., 2010). El presente estudio, tuvo como objetivos (1) caracterizar las condiciones para el tratamiento eficiente de aguas residuales mediante un sistema anaerobio a nivel doméstico e (2) identificar la mejor fuente orgánica o una combinación de diferentes fuentes y la temperatura óptima para la producción de gas metano.

Materiales y Métodos

El presente estudio se realizó en la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas (URUZA-UACH) de la Universidad Autónoma Chapingo en Bermejillo, Mapimí, Dgo. La región se ubica en las coordenadas 104°36'36" y 103°33'36" longitud Oeste y los 26°5'24" y 25°28'48" de latitud Norte al extremo norte del estado de Durango. Adicionalmente, se contó con el apoyo del Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV-IPN) del Instituto Politécnico Nacional, ubicado en el kilómetro 9.6 Libramiento Norte Carretera Irapuato-León 36821 Irapuato Gto. México, localizado en las coordenadas 20°43'8" Norte, 101°19'43" Oeste.

Fase I: Colecta de muestra. Las fuentes de materia orgánica empleadas se obtuvieron de distintos sitios: la materia orgánica de humano, se obtuvo de los vertederos de agua residual de la URUZA; la de cerdo y cabra, de los corrales del ganado porcino y caprino; la de vaca se colectó del rancho 18 de julio, anexo a la URUZA. Dichas muestras fueron colectadas y transportadas en contenedores plásticos cerrados a los laboratorios de la URUZA.

Establecimiento y operación del Reactor Batch. El ensayo experimental fue montado en reactores Batch de 1000 ml de capacidad, los cuales contenían 10 g de soporte inerte a base de plástico de botellas y 50 ml de consorcio bacteriano; se emplearon 4 g de materia orgánica fecal y fueron aforados a 700 ml con agua común, esto con el fin de encontrar la mejor combinación para la producción de gas metano. Se empleó plástico como medio de soporte para establecer la asociación bacteriana debido a su fácil manejo y disponibilidad en la zona de estudio. El plástico fue lijado para crear una mayor porosidad y permitir una mejor fijación del



consorcio bacteriano, posteriormente fue cortado en secciones de cinco cm aproximadamente y colocados dentro de los digestores. El agua residual a tratar se introdujo por la parte superior (influyente), llegando así al soporte plástico. Una vez que se introdujo el material a tratar en los reactores, se cerraron y se extrajo el aire hasta llevarlos a condiciones de anaerobiosis. Posteriormente se tomó una muestra de gas, con ayuda de una aguja y tubo vacutainer; la muestra que se almacenó para su posterior cuantificación. Se realizó el mismo procedimiento de forma semanal hasta finalizar el experimento. Se usó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Los factores de variación fueron las fuentes de materia orgánica fecal (FMOF): vaca (V), humano (H), cabra (Ca) y cerdo (Ce) y las diferentes combinaciones simples (V-H, V-Ca, V-Ce, H-Ca, H-Ce, Ca-Ce), más el testigo, dando un total de 11 tratamientos sometidos a 3 diferentes temperaturas (3°C, 37°C y 50°C), haciendo un total de 99 unidades experimentales. Las variables evaluadas pH y DQO fueron medidas al inicio y al final del experimento, correspondiente a las fechas 24 de noviembre y 15 de diciembre de 2011, respectivamente. Durante el transcurso del proyecto, se realizaron cuatro mediciones de metano de forma semanal para posteriormente cuantificarlo mediante CG.

Resultados y Discusión

Fase I: Potencial de Hidrógeno (pH). De acuerdo al análisis de varianza y prueba de rango múltiple de medias Tukey ($P < 0.05$), hubo una gran variación del pH al inicio del experimento, dependiendo de la fuente de materia orgánica, correspondiente a los valores más altos a las fuentes H, H-Ce, H-Ca y Ce-Ca; en tanto que el resto registraron pH menores de 7. En general se identificó una tendencia hacia una ligera acidificación al final del período de evaluación (Cuadro 1). El pH es un parámetro crítico en el crecimiento de microorganismos, ya que cada tipo de microorganismo solo puede crecer en un rango estrecho de pH, fuera del cual mueren rápidamente. Durante el crecimiento los microorganismos, éstos modifican el pH del medio que los contiene, normalmente haciéndolo disminuir, lo cual se puede deber a diversos factores, uno de los cuales es la liberación de productos de reacciones metabólicas.

Cuadro 1. Efecto de la fuente de materia orgánica fecal (FMOF) en el potencial de hidrógeno inicial y final de los diferentes tratamientos.

FMOF	pHI	pHF
Sin MOF	7.000 k	7.127 ab
V	7.572 i	7.238 ab
H	8.580 a	7.212 ab
Ca	7.456 j	6.986 b
Ce	8.066 e	7.333 a
H-V	7.970 f	7.268 ab
H-Ca	8.340 c	7.211 ab
H-Ce	8.436 b	7.421 a
V-Ca	7.726 h	7.328 a
V-Ce	7.920 g	7.323 a
Ce-Ca	8.20 d	7.224 ab

Prueba de Tukey ($P < 0.05$). Cifras con la misma letra dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales. PHI=Potencial de Hidrógeno Inicial pHF= Potencial de Hidrógeno Final.



Los resultados obtenidos para este parámetro, fueron similares a los reportados por Maldonado (2008), quien trabajó con aguas complejas en donde observó que los valores de pH variaron entre 6 y 9 en los sistemas de tratamiento con biopelículas, lo cual indica que la actividad microbiana se comporta de forma eficiente. El pH tuvo una tendencia hacia la acidificación conforme pasó el tiempo. Van Kessel y Russell (1995), señalan que las bacterias metanógenas son sensibles a pH bajos y que la inhibición de la metanogénesis es causada por la toxicidad de los ácidos de la fermentación que se produce a un pH bajo.

Demanda Química de Oxígeno. La fuente de materia orgánica fecal de humano fue significativamente ($P < 0.05$) el tratamiento con más baja demanda química de oxígeno, con valores de 564 a 183 mg L⁻¹, respectivamente, en comparación a la materia orgánica de cerdo, cuyos valores de 1,516 y 660.500 mg L⁻¹, lo cual significa que fue el tratamiento con mayor producción de gas metano. El más bajo fue cuando se usó materia orgánica humana, la cual se considera nula al ser estadísticamente igual al testigo (Cuadro 2). Se tiene entonces que la materia orgánica de cerdo sola y ésta mezclada con la de cabra, son los mejores tratamientos en la producción de gas; esta última mezcla con un 37.4 % más de biogás, respecto al testigo.

Cuadro 2. Disminución de la DQO al término del experimento de las diferentes fuentes de materia orgánica fecal (FMOF).

FMOF	DQOI	DQOF
Sin MOF	0.000h	6.17f
V	916.500e	232.33cde
H	564.000g	183.00def
Ca	1500.000b	364.00bcd
Ce	1516.667a	660.50 ^a
H-V	744.000f	86.33ef
H-Ca	1500.000b	241.17cde
H-Ce	1005.833d	416.83bc
V-Ca	1500.000b	269.83cde
V-Ce	1074.000c	545.33ab
Ce-Ca	1500.000b	561.67ab

Prueba de Tukey ($P < 0.05$). Cifras con la misma letra dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales. DQOI=Demanda Química de Oxígeno Inicial DQOF= Demanda Química de Oxígeno Final.

La DQO inicial fue estadísticamente mayor a los 37 °C con un valor de 1,077.6 mg L⁻¹, respecto a los 1,073.1 demandados en las temperaturas extremas (3 y 50 °C), entre las cuales no hay diferencia estadística. De igual forma para la DQO final, la temperatura menor (3°C) fue la que tuvo valores significativamente mayores de DQO, siguiéndole en importancia la de 50 °C y finalmente la más baja fue la de 37 °C (Figura 1).

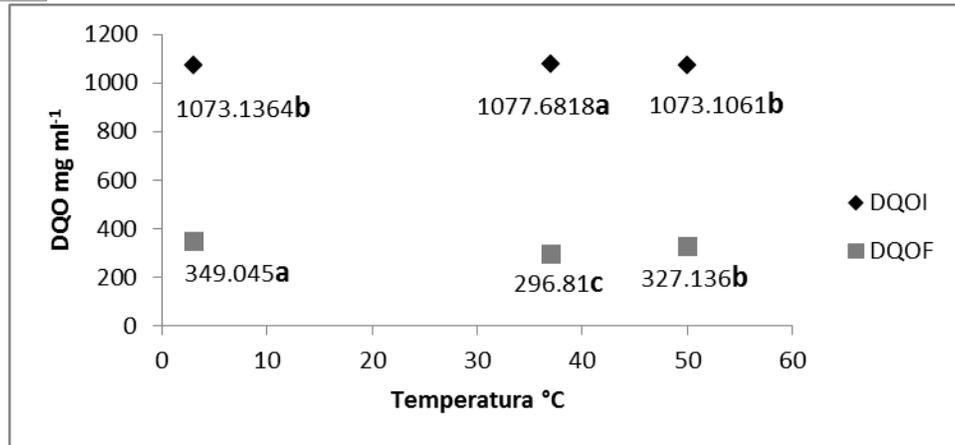


Figura 1. Efecto de la temperatura (T) en la demanda química de oxígeno. Prueba de Tukey (P< 0.05). Cifras con la misma letra dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales. DQOI=Demanda Química de Oxígeno Inicial DQOF= Demanda Química de Oxígeno Final.

Producción de Gas Metano. La producción de metano se incrementó a los 14 días después de iniciado el experimento, que corresponde a un período donde el consorcio bacteriano tiene un proceso de crecimiento exponencial (Figura 2).

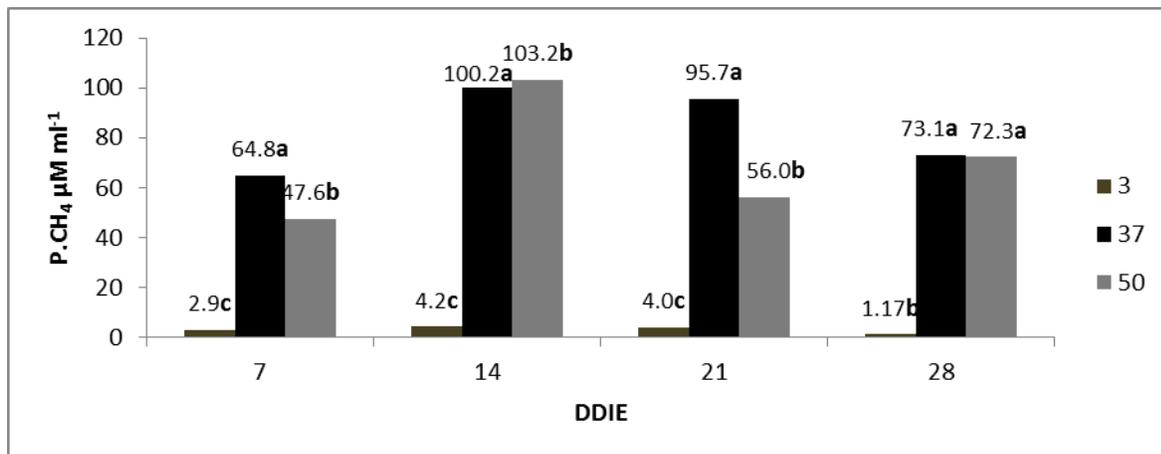


Figura 2. Efecto de la temperatura final en la demanda química de oxígeno y la producción de gas metano a partir de diferentes fuentes de material orgánica fecal. Prueba de Tukey (P< 0.05). Cifras con la misma letra dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales. P.CH₄ = Producción de metano DDIE=Días después de iniciado el experimento.

Fase II, Potencial de Hidrógeno. De acuerdo a Van Haandel y Britz (1994) El valor y estabilidad del pH en un reactor anaerobio es muy importante, debido a que la actividad metanogénica es altamente vulnerable a los cambios de pH, comparada con las demás poblaciones presentes: no hubo diferencia entre los valores propuestos por Van Haandel y Britz, lo cual se vio reflejado en la producción de gas metano a lo largo del experimento, donde los valores de pH fueron de 7.0 (Cuadro 3).



Demanda Química de Oxígeno: en este estudio y debido a que en el momento en que comenzó a formarse la biopelícula fue sometida a cambios drásticos en el tipo de sustrato, el sistema se adaptó rápidamente a los cambios, iniciando con una DQO de 1650 mg L⁻¹, llegando a su máxima eficiencia el día 33, registrando una DQO de 170 mg L⁻¹ (Cuadro 3). Lo anterior puede atribuirse a lo que menciona Ruiz *et al.*, (1997) quien dice que la biopelícula sufre cargas de shock, que es básicamente el cambio de sustrato, esto tomando en cuenta que las bacterias metanogénicas son extraordinariamente sensibles a la presencia de compuestos tóxicos en el agua residual a la que fueron sometidas durante el tratamiento anaerobio, sin embargo, conforme avanza el periodo del proceso y éste es suficientemente largo, para que los microorganismos se adapten a ciertas concentraciones de las diversas sustancias tóxicas. Los valores obtenidos de remoción de DQO de 1650 a 170 mg L⁻¹, entran dentro de los parámetros establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-067-ECOL puesto que establece un parámetro de 200 mg de DQOT L⁻¹ y este sistema obtuvo 170 mg L⁻¹, con lo que cumple con los parámetros establecidos en la norma y en base a esto, el agua del efluente puede ser reutilizada para el riego de parques y jardines.

Estimación de la Producción de Gas Metano: puesto que no fue posible hacer una medición directa de la producción de gas metano, se hizo una estimación de producción del mismo, de acuerdo a la ecuación identificada por Cámara y colaboradores (s/f):

$$VCH_4 = (0.3516) [(S_0 - S)(1/1000) - 1.42Px]$$

VCH₄= volumen de metano (m³)

So= DQO última del influente (mg L⁻¹)

S= DQO última de efluente (mg L⁻¹)

Px= Masa neta de tejido celular producida diariamente (Kg día⁻¹)

Cuadro 3. Efecto del tiempo en el potencial de hidrógeno, temperatura y demanda química de oxígeno.

DDIE	pH	T (°C)	DQO (mg L ⁻¹)
1	8.00a	22a	1650a
3	7.00b	22a	1067b
5	7.00b	21b	846c
7	7.00b	21b	836c
9	7.00b	20c	785d
11	7.00b	19d	792d
13	7.00b	19d	668e
15	7.00b	19d	644f
17	7.00b	18e	582g
19	6.66bc	18e	500i
21	7.00b	19d	565h
23	7.00b	19d	419j
25	7.00b	18e	413j
27	7.00b	18e	395j
29	7.00b	18e	384k
31	7.00b	18e	380k
33	6.33cd	18e	170l

Prueba de Tukey (P < 0.05). Cifras con la misma letra dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales. DDIE=Días después de iniciado el experimento pH=Potencial de Hidrógeno T=Temperatura DQO=Demanda Química de Oxígeno.



De acuerdo a los valores estimados de producción de metano en función de la DQO, la producción de aquél fue muy baja, aunque con un incremento progresivo, pero principalmente a partir de los 13 días de iniciado el experimento, lo cual indica que el sistema es eficiente, bajo condiciones adecuadas de temperatura y fuentes de materia orgánica fecal (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto del tiempo en la estimación de la producción de gas metano en base a la demanda química de oxígeno.

DDIE	DQO (mg L ⁻¹)	EPCH ₄ (m ³)
1	1650a	0m
3	1067b	0.205l
5	846c	0.283k
7	836c	0.286k
9	785d	0.304j
11	792d	0.302j
13	668e	0.345i
15	644f	0.354h
17	582g	0.376g
19	500i	0.404e
21	565h	0.381f
23	419j	0.433d
25	413j	0.435d
27	395j	0.441c
29	384k	0.445cb
31	380k	0.447b
33	170l	0.520a

Prueba de Tukey (P < 0.05). Cifras con la misma letra dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales. DDIE=Días después de iniciado el experimento DQO=Demanda Química de Oxígeno EPCH₄=Estimación de la Producción de Gas Metano.

Conclusiones

El potencial de hidrógeno de los distintos tratamientos y a diferentes temperaturas, tiende hacia la acidez al finalizar el experimento y ello hace más eficiente el proceso de la remoción de la demanda química de oxígeno y aumenta la producción de gas metano. De las temperaturas empleadas, la mayor remoción de DQO y producción de metano se presentó en los tratamientos expuestos a 37°C. La mayor producción de metano fue a los 14 días de establecido el experimento, en todos los tratamientos, principalmente en aquellos sometidos a 37°C. La mayor producción de metano fue en los tratamientos donde se usó como fuente de materia orgánica fecal de cerdo, cabra y la combinación de ambas. Los resultados obtenidos en la fase II coinciden con los obtenidos en la fase I, es decir el pH tiende hacia una ligera acidez al finalizar el experimento, volviendo más eficiente la remoción de la demanda química de oxígeno y aumentando la producción de gas metano obtenida mediante una estimación. Lo anterior hace viable la aplicación práctica los resultados del presente estudio.



Literatura Citada

- Behling Q. E H, Y.A Caldera M., J.C Marin L., L.C Rincón L., L.M Fernpandez A. (2005). Eficiencia de un reactor anaeróbico en el tratamiento del efluente de una tenería. (Tesis inédita de maestría). Departamento Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Zulia, Venezuela.
- Benavides, A., Benjumea P., y Pashova, V. (2007). El biodiesel de aceite de huiguerilla como combustible alternativo. *Redalyc*, 74 (153), 141-150.
- Cámara Da Leysla., M. Hernández y Paz Luiselena (s/f). Manual de diseño para plantas de tratamiento de aguas residuales alimenticias. Miniproyecto de Ingeniería Química.
- Castelló E. A Ghislieri D., L Borzacconi(2002). Optimización del funcionamiento de un SBR para la remoción de materia orgánica y nutrientes. Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales; AIDIS. Gestión Inteligente de los Recursos Naturales: Desarrollo y Salud. México, D.F.
- Carere, C.R., R Sparling, N Cicek, and D. Levin (2008). Third generation biofuels via direct cellulose fermentation. *GenomeBiology* 9:242. Recuperado de: http://www.vurup.sk/pc/vol49_2007/issue2/pdf/pc_2_2007_jordanov.pdf
- Comisión Nacional del Agua (CNA), (2001). Compendio básico del agua en México 2002, tercera edición. Recuperado de: <http://www.fao.org/DOCREP/006/Y5062S/y5062s08.html>
- Rodríguez F. A. A., A Letón G., R Rosal G., M Dorado V., S Villar F., y J Sanz G. (2006). Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Informe de Vigilancia Tecnológica.
- Sanz. J.L. (2011). Microbiología Ambiental. Taller práctico. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2011). Análisis de agua-determinación de la demanda química de oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas para determinar demanda química de oxígeno total y potencial de hidrógeno. Recuperado de: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/NMX-AA-030-SCFI-2001.pdf>
- Shanta S. y Ramakant, S. (2010). Biogas production enhancement by soya sludge amendment in cattle dung digesters. *Biomass and Bioenergy* 34(2010)1278-1282.
- Sierra M.E. (2006). Producción y uso de biocombustibles en México. Taller Práctico Sobre Bioenergía. Secretaría de Energía (SENER). Recuperado de: http://www2.ine.gov.mx/descargas/cclimatico/bioenergia_3_ma_elena_sierra.pdf
- Van Haandel, M. M y Britz T.J. (1994). Characterization and numerical analysis of the microbial community in raw baker's yeast factory effluent. *Water SA*. Vol. 20 No.2. Recuperado de: <http://www.wrc.org.za/downloads/watersa/1994/April/0784%20abstract.pdf>





EL AGAVE AZUL: LA DEGRADACIÓN DEL SUELO Y EL PROCESO DE CAMBIO DE USO

Guevara-Gutiérrez R.D.¹, Olguín-López J.L.¹, Barreto-García O.A.¹, Sandoval-Madrigal M.T.¹, Talavera-Villareal A.¹, Ramírez Romero J.M.¹

¹Centro Universitario de la Costa Sur de la Universidad de Guadalajara. Autlán De Navarro, Jalisco. México.

* Autor responsable: rguevara@cucsudg.mx; Av. Independencia Nacional 151, Colonia Universitaria, Autlán de Navarro, Jalisco. México. CP. 48900; Tel. 317 38-25010. Ext. 57165.

Resumen

En el presente trabajo se evaluó el efecto de las plantaciones de agave azul sobre el proceso erosivo y cambio de uso sobre la pérdida del suelo, medida sobre dos tipos de cobertura vegetal: plantaciones de agave azul *versus* selva baja caducifolia. El objetivo de la investigación es cuantificar el efecto del cambio de uso del suelo sobre la pérdida del mismo, como efecto directo de las plantaciones de agave azul (*Agave tequilana* Weber). El trabajo se desarrolló en el Municipio de Autlán de Navarro, Jalisco-México; en este fueron georeferenciadas las parcelas de agave azul, identificándose en éstas: tipo de suelo, pendiente, erosión del suelo y uso anterior del suelo. Para cuantificar la pérdida de suelo, se utilizó como unidad de muestreo lotes de escurrimiento (2 x 5 m), los tipos de cobertura fueron agave azul y selva baja caducifolia. El impacto del cultivo agave azul sobre la pérdida del suelo, fue de 26.054 t ha⁻¹ por año y de 0.709 t ha⁻¹ por año para la selva baja caducifolia. La conclusión de la investigación, se establece en el manejo de este cultivo y su impacto sobre el desarrollo sustentable local y regional ya que se desconoce cultural y agrónomicamente el manejo del cultivo por parte de los agricultores y de los trabajadores de las compañías tequileras. Por otro lado, se observa que los ejidatarios dueños de parcelas, siguen aceptando “ofertas” de intermediarios, propiciando un cambio del patrón del cultivo o expansión de su frontera hacia la forestal. Estos resultados, nos obligan a suponer que *el manejo del cultivo de agave azul que se realiza en este municipio, es el mismo para la región, estado y todo aquel sitio en donde se plante este cultivo.*

Palabras clave:

Agave azul; deforestación; erosión.

Introducción

El proceso de degradación de la tierra, es concebido de manera natural o inducido por el hombre, se describe como la disminución o destrucción del potencial biológico de los recursos naturales ocasionada por el mal uso y/o manejo de los mismos; su importancia es tal, que



actualmente se considera que el ser humano es responsable en una proporción del 87%, mientras que manera natural solo 13% (Ortiz *et al.*, 1994). Algunos de los factores antrópicos que favorecen este proceso son la expansión demográfica, la sobre explotación de los recursos naturales, las presiones socioeconómicas y/o políticas, los cambios inadecuados del uso de la tierra y/o deforestación, entre otras (Becerra, 1999). De manera intrínseca a este proceso se encuentra la ocurrencia de la erosión del suelo, la que de manera general es reconocida como la remoción, transporte y deposición de las partículas individuales del suelo, por efecto de un agente causal, su magnitud dependerá de la energía con que los agentes interactúen con los factores involucrados.

Respecto al cambio de uso del suelo y/o deforestación, Roberts y Roper (1999), definen este proceso como la pérdida permanente de cobertura forestal a otros usos de tierra tales como agricultura, pastizales, nuevos asentamientos humanos, infraestructura y embalses. El efecto de este proceso sobre la pérdida de suelo, se presenta por el deterioro o pérdida de la cobertura vegetal, efecto directo del incremento de las fronteras agrícolas o pecuarias, provocando la destrucción de la cobertura vegetal nativa y por otro lado, la ocurrencia del desprendimiento y transporte de tierras ocurridas al momento de realizar las labores culturales o agrícolas ante la presencia de la precipitación pluvial y/o escurrimiento superficial.

En el municipio de Autlán de Navarro, Jalisco-México, la conversión de uso del suelo de agricultura a pasto, de bosque a pasto y/o agricultura de ladera, es un proceso que va en aumento; y que de una u otra forma incrementa las tasas de erosión reportadas para el estado, así como de los costos de cualquier práctica de conservación que se quiera implementar y/o mantener a través del tiempo. En este municipio, la presión sobre los recursos naturales, ha sido ejercida por el cambio continuo (patrón de cultivo) y extensivo del uso del suelo y/o deforestación, básicamente por la siembra extensiva del agave azul (*Agave tequilana Weber*) y del cual se carecen de estudios regionales para su adaptación (climáticos y edáficos entre otros). Es entonces que el efecto del proceso erosivo, se identifica inicialmente en el deterioro de la cobertura vegetal nativa, a través del incremento de las fronteras agrícola y pecuaria, provocando con ello el desprendimiento y transporte del suelo, al momento de realizar las labores culturales o agrícolas ante la presencia de un agente erosivo, depositando los sedimentos en zonas bajas de las cuencas hidrográficas, valles, sistemas de riego, ríos, lagos y presas.

Materiales y métodos

Descripción del área de estudio

El Presente trabajo se desarrolló en el municipio de Autlán de Navarro, Jalisco-México (Figura 1), ubicado entre las coordenadas extremas de latitud norte 19°54' a 19°35' y de longitud oeste 104°08' a 104°29'. Cuenta con una superficie territorial de 962.90 km², correspondiente al 1.2% de la superficie total del estado de Jalisco. Su composición edáfica está dominada por suelo tipo Regosol (43.21%). El clima es característico con otoño seco, invierno y primavera seco y



semicálido, sin cambio térmico invernal bien definido; su temperatura media anual es de 23.5 °C y precipitación media anual de 719.8 mm (Ayuntamiento Constitucional de Autlán de Navarro, 2007).

El área del municipio tiene un gradiente altitudinal de 860 a 2820 msnm., ésta variación refleja la gran diversidad climática, desde el cálido sub-húmedo hasta los templado frío, esto está relacionado con los tipos de vegetación y usos del suelo, ya que podemos encontrar una agricultura de riego y temporal, bosques de Selva Baja Caducifolia, Encino Caducifolio y bosque templado de Pino, Pino Encino y Mesófilo de Montaña (INEGI, 1999).

Trabajo de campo

Este consistió en la cuantificación de la pérdida de suelo por efecto de la erosión hídrica en parcelas bajo pendiente uniforme de 6%; la unidad de muestreo y medición fueron lotes de escurrimiento (2 metros de ancho por 5 metros de largo), técnica considerada complementaria al uso de cuencas pequeñas de fácil extrapolación pero bajo condiciones similares de fisiografía y uso del suelo (C.P.- SARH, 1991). Se consideraron dos tipos de cobertura vegetal, el agave azul (*Agave tequilana* weber), como cultivo agrícola de gran importancia en el estado de Jalisco y del país y bosque tropical caducifolio (BTC), considerado uno de los bosques con mayor diversidad florística y de gran amplitud altitudinal (Cuevas *et al.*, 1998). Para cotejar los resultados y bajo una supuesta condición de deforestación se instaló un lote testigo sin cobertura vegetal. Los lotes fueron ubicados al noroeste del municipio, en el predio Rincón de Guanajuato en las coordenadas 19°47'28" a 19°47'29" norte y 104°20'04" a 104°20'08" oeste. Las características climáticas y edáficas de los lotes fueron similares. El muestreo se realizó posterior a cada evento de lluvia con una intensidad capaz de generar escurrimiento superficial; las muestras tomadas fueron de un litro por lote.

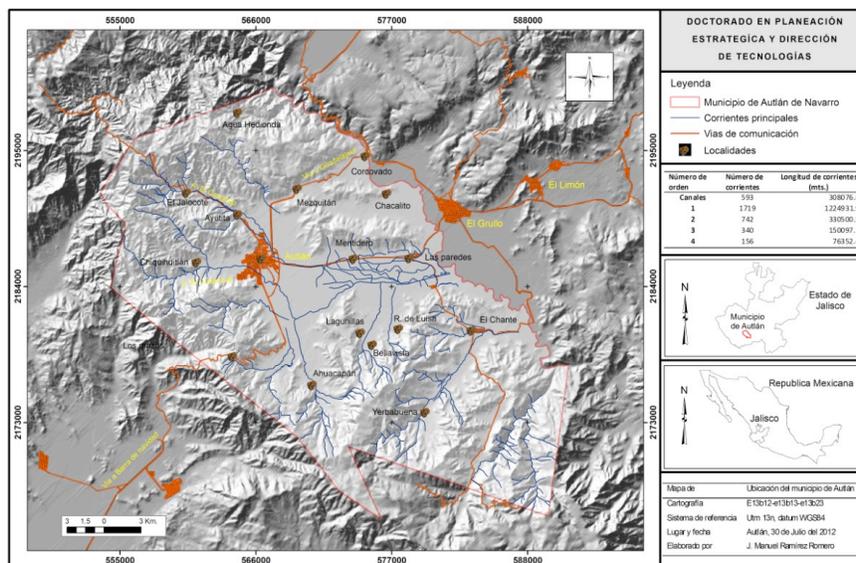


Figura 1. Localización del municipio de Autlán de Navarro, Jalisco-México.



Resultados y discusión

Cuantificación de la erosión en agave y bosque tropical caducifolio

Los resultados obtenidos demuestran el gran impacto que representa el manejo del cultivo del agave azul sobre los recursos naturales no renovables suelo y agua, ya que adicional a la pérdida de suelo de 26.054 t ha⁻¹año⁻¹ durante el temporal de lluvias, también se registró la pérdida del volumen total de escurrimiento superficial, siendo éste de 2503.013 m³; los registros para el BTC, fueron de 0.709 t ha⁻¹año⁻¹, bajo un volumen total captado de 0.499 m³. Los registros correspondientes para el lote testigo, fueron en cuanto a la pérdida de suelo de 35.502 t ha⁻¹ año⁻¹ y 2674.481 m³ de escurrimiento superficial.

Discusión

Con base al panorama que presenta la región, se observa la fuerte expansión del cultivo de agave azul que presentó hasta hace 10 años, ésta se ha reducido en el municipio de Autlán de Navarro, Jalisco-México. No obstante que este cultivo tiene aproximadamente 20 años de ser plantado en la región, aún se desconocen los impactos en el desarrollo sustentable que pudiera traer. Por observaciones y estudios realizados desde hace ya 12 años a la fecha en el municipio y región Sierra de Amula en el estado de Jalisco, nos permite establecer que las formas en que se planta el agave azul los métodos para eliminar las malezas (aplicación de agroquímicos) propicia la degradación del suelo (reducción de la fertilidad e incremento del arrastre de partículas orgánicas y minerales hacia arroyos, ríos y presas). Finalmente se establece que aunque se han reducido las plantaciones de agave azul sobre la frontera agrícola, pecuaria y forestal, aún existen plantaciones en zonas de elevada pendiente y suelos delgados lo que facilita la aceleración de dicho proceso adicional a la conversión del uso del suelo.

Conclusiones

- Se establece que la pérdida de suelo que ocurre en las plantaciones agave azul, se incrementan en más del 95% en comparación con la SBC.
- Los ejidatarios dueños de parcelas que plantan este cultivo o que aceptan “ofertas” de empresas tequileras, propician un cambio del patrón del cultivo o la expansión del mismo hacia la frontera forestal (principalmente al bosque tropical caducifolio).
- Con base a los recorridos de campo realizados en el municipio, se observa la ausencia de prácticas culturales o de conservación que reduzcan la degradación de los recursos suelo y agua. Es por ello que se considera que cualquier práctica alternativa que contribuya a la disminución del arrastre de las partículas del suelo favorecerá la disminución de las elevadas tasas erosivas reportadas.
- Con base al manejo del cultivo, el cual se supone es el mismo para el municipio, la región Sierra de Amula, el estado y la nación, así como a las condiciones físicas y climáticas en que es plantado, nos obliga a establecer la hipótesis de que este efecto de degradación de



los recursos naturales que encontramos en esta región, será el mismo para aquellas en donde se plante este cultivo.

Bibliografía

- Ayuntamiento Constitucional de Autlán de Navarro. 2007. Plan Municipal de Desarrollo. Autlán de Navarro. Pp. 11-53.
- Becerra M.A. 1999. Escorrentía, erosión y conservación de suelos. Primera edición. Chapingo-México.
- C.P-SARH. 1991. Manual de Conservación de Suelo y Agua. 3era. Edición Chapingo, México. Editorial num. 306. pp. 15-20.
- Cuevas G.R., N.M. Núñez L., L. Guzmán H., y F.J. Santana M. 1998. El bosque tropical caducifolio en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco-Colima, México. IBUG, BOLETIN DEL INSTITUTO DE BOTÁNICA. Volumen en homenaje de la profesora Luz María Villareal de Puga. EPOCA 3., Vol.5., Núm. 1-3. Pp. 445-455.
- Ortiz S., M.L.M.; J. Estrada B. W. y M. Anaya G. 1994. Evaluación, cartografía y políticas preventivas de la degradación de la tierra. CONAZA. México.
- Roberts R.W. y J. Roper. 1999. Asuntos forestales; Deforestación: Bosques tropicales en disminución. Red de asesores forestales de la Agencia Canadiense para el desarrollo internacional. <http://www.rcfa-cfan.org/spanish/s.issues.12-7.html>





COMPARACIÓN DE DOS SENSORES PARA DETERMINAR LA HUMEDAD DEL SUELO

Lara-Herrera, A.^{1*}; Ruvalcaba-Martínez, B.²; Bravo-Lozano, A.G.¹; Oliveros-Sandoval, I.L.²

¹Unidad Académica de Agronomía, UAZ. Profeso-Investigador. Zacatecas, Zac., México.

²Unidad Académica de Agronomía, UAZ. Estudiante de Licenciatura. Zacatecas, Zac., México.

*Autor responsable: alara204@hotmail.com; Jardín Juárez Núm. 147, Col. Centro, Zacatecas, Zac., México. CP 98000; Tel. +52(492)-105-2276

Resumen

Para manejar de manera eficiente el agua de riego se requiere el uso de sensores de humedad del suelo. Existen diversas alternativas en el mercado, una de ellas es el sensor Watermark[®], recientemente se generó un nuevo equipo de la marca Octet++[®], sin embargo existe poca información sobre la precisión de sus mediciones. Con el fin de tener información al respecto, se llevó a cabo un experimento en el cual se determinó la humedad de dos suelos empleando los dos tipos de sensores. Los resultados obtenidos se confrontaron con la humedad determinada directamente de muestras de los suelos evaluados mediante el método gravimétrico. Los resultados indican que ambos sensores presentan un buen ajuste entre ellos y de cada uno de los sensores con el método gravimétrico. De acuerdo con los coeficientes de correlación obtenidos, el sensor Octet++[®] tuvo mejor comportamiento en la determinación de la humedad en ambos suelos, principalmente en el suelo areno-franco.

Palabras clave

Capacidad de campo; humedad aprovechable; medidor de humedad; tecnología mexicana

Introducción

El manejo eficiente del agua de riego es de gran importancia debido a que tanto el exceso como la deficiencia de humedad causan estrés y con ello se afecta la productividad de los cultivos. El exceso de agua de riego puede ocasionar pérdida de sales de fertilizantes por lixiviación, con la consecuente ineficiencia de esos materiales, pérdida económica y contaminación de los mantos freáticos; también puede favorecer el desarrollo de enfermedades en las raíces de las plantas, principalmente causadas por hongos (Aissat *et al.*, 2008; Alaoui *et al.*, 2014).

Existen diversas alternativas para determinar la humedad del suelo y con ello manejar de manera apropiada el riego. Una opción es el uso de sensores de humedad del suelo y en función de los resultados, definir la frecuencia y la magnitud del riego. La humedad del suelo se puede determinar directamente midiendo gravimétricamente el contenido de agua que contiene una muestra de suelo a una profundidad determinada y dependiendo de lo alejado que ese resultado esté de la humedad a capacidad de campo, tomar la decisión de manejar el riego, sin embargo este método es poco práctico, debido a que la obtención del resultados requiere de por lo menos un día para someter la muestra a deshidratación (Lagunas-Allué, 2013).



Existen métodos indirectos del contenido de humedad en el suelo, los cuales son prácticos, rápidos y precisos, uno de ellos es la determinación de la humedad mediante sensores de la tensión con la cual retiene el suelo el agua, uno de ellos es el medidor de la marca Watermark[®], los resultados son en centibares (cb); en la medida que la tensión es menor, significa que el agua está retenida con menor fuerza y el suelo está más húmedo (Nolz *et al.*, 2013).

Existen diversas alternativas para determinar el contenido de humedad en el suelo, sin embargo, se requiere conocer el nivel de precisión que tienen, para ello es conveniente calibrar los resultados que reportan diversos tipos de equipos; la determinación de referencia es el método gravimétrico (Lagunas-Allué, 2013). Además de la precisión, si el método es sencillo, práctico y económico, tendrá altas posibilidades de que sea adoptado por los productores agrícolas para manejar el riego, otra propiedad deseable es que sean estables y sus lecturas sean reproducibles en diversos tipos de suelo, principalmente con diferentes texturas (Bogena *et al.*, 2007). El sensor Watermark[®] reúne los criterios antes señalados, además presentan buen comportamiento en el rango de -10 a -65 cb independientemente del tipo de suelo (Huete *et al.*, 2010, citados por Lagunas-Allué, 2013); el sensor Octet++[®], además de presentar las cualidades antes mencionadas, es una tecnología moderna, patentada, de nacionalidad mexicana, de reciente creación (2013), con amplias posibilidades de poder escalar a incorporar otras mediciones o ajustes a las determinaciones de humedad, como es el medir la humedad con base a capacidad de campo registrada dentro del mismo sensor, representando así dicha humedad la humedad aprovechable. De igual manera el sensor Octet++ ofrece la capacidad de medir temperatura a distintas profundidades, mostrando toda esta información en un dispositivo móvil con una interface gráfica de muy fácil y práctica interpretación.

El objetivo del presente trabajo es determinar la relación entre las lecturas de humedad que proporcionan dos tipos de sensores, uno que determina la fuerza de tensión del agua en el suelo (Watermark[®]) y otro que determina el contenido de agua disponible en el suelo (Octet++[®]), así como la relación de ellos con el contenido de humedad determinado con el método gravimétrico, en dos suelos.

Materiales y Métodos

Con el fin de comparar la resolución ~~el comportamiento~~ de sensores de humedad marca Watermark[®] y de la marca Octet++[®], se instaló un experimento en condiciones de invernadero con control de temperatura y humedad en el aire, en la Unidad Académica de Agronomía de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Se usaron macetas de 50 cm de altura, 50 cm de diámetro en la parte superior y 40 cm en la parte inferior, con capacidad de 80 L, en las cuales se instalaron sensores de humedad a 15, 30 y 40 cm de profundidad.

Los sensores Watermark[®] determinan la humedad mediante medición de la tensión del agua en el suelo, con base en el principio de los bloques de yeso (Lagunas-Allué, 2013). El funcionamiento de los sensores Octet++[®] se fundamenta en la resistencia eléctrica generada dentro de la cerámica patentada que lo compone y la presencia de la humedad dentro de dicha cerámica, la cual es originada a una determinada alta frecuencia (reactancia), y varía con respecto a la humedad presente en el sensor, de tal manera que al existir una mayor concentración de humedad, el valor porcentual será mayor, y viceversa. Dicha reactancia esta linealmente correlacionada con la presencia de humedad contenida dentro del sensor, de esta forma y mediante un algoritmo se transforma el valor eléctrico a porcentaje de humedad (IMPI, 2013).



La comparación de lecturas de humedad se realizó entre dos tipos de sensores y la humedad determinada por el método gravimétrico mediante una balanza marca Ohaus con capacidad de 200.00 g y precisión de 0.01 g.

Se utilizaron dos tipos de suelo, uno de textura areno-franco, con 0.79 % de materia orgánica (MO), pH de 7.54 y conductividad eléctrica (CE) de 0.48 dS m⁻¹ y otro con textura franca, MO = 2.84 %, pH de 7.77 y CE = 0.84 dS m⁻¹. En 16 macetas, se instalaron ocho macetas con cada uno de los suelos, en cuatro de cada una de ellas se instalaron ambos tipos de sensores y en las otras cuatro se destinaron para tomar muestras de suelo para determinar humedad por el método gravimétrico.

Con el fin de extraer agua del suelo, en cada maceta se instaló una planta de tomate del tipo saladette, de hábito de crecimiento indeterminado, cultivar "El Cid".

Los suelos se secaron directamente expuestos al sol, el contenido de humedad fue de 3.8 % y 4.3 % en los suelos areno-franco y franco, respectivamente; se llenaron las macetas con suelo, se colocaron los sensores de humedad y se plantó una plántula de tomate por maceta el 20 de mayo de 2014, a partir. La cantidad de agua a cada maceta fue la misma en ambos suelos, cuando se arraigó la planta, se aplicaron riegos a saturación con el fin de determinar los contenidos de humedad en la medida que se va perdiendo agua; diario por las mañanas se tomaron las lecturas de humedad, periódicamente también se tomaron muestras de suelo a 15, 30 y 40 cm de profundidad, para determinar el contenido de humedad por el método gravimétrico. Cuando las plantas mostraban síntomas agudos de marchitamiento se aplicaron riegos intensos, la cantidad de agua aplicada después del primer riego, fueron diferenciados, debido a que en el suelo franco las plantas presentaban primero los síntomas de marchitamiento, la cantidad de agua aplicada por maceta y por riego fue de 11 L en el suelo areno-franco y 13 L en el franco. Las lecturas de humedad del suelo se registraron diariamente del 28 de mayo al 12 de agosto, se acumularon 78 días con lecturas de humedad con los sensores Octet++[®] y Watermark[®] a 15, 30 y 40 cm de profundidad, y ocho muestreos de suelo para determinación gravimétrica de la humedad en cuatro muestras de cada suelo.

Los sensores Watermark[®] proporcionan las lecturas de humedad en centibares (cb) y miden la tensión con la cual el agua es retenida por el suelo, de manera que lecturas cercanas a 0 cb, indican un exceso de humedad, lecturas cercanas a 30 cb indican que la humedad es próxima a capacidad de campo y lecturas mayores corresponden a estados más deficientes de humedad (Lagunas-Allué, 2013). Los sensores Octet++[®] dan las lecturas en porcentaje de humedad, el 100 % corresponde con la humedad en exceso y en la medida que disminuye corresponde con el porcentaje de abatimiento de la humedad aprovechable.

Los resultados obtenidos entre los sensores Watermark[®] y Octet++[®] fueron sometidos a un análisis de regresión. Ambos datos también se correlacionaron con el contenido de humedad del suelo determinado por el método gravimétrico.

Resultados y Discusión

El modelo de regresión del comportamiento entre los resultados obtenidos de la humedad determinada con el sensor Octet++[®] y Watermark[®] de un conjunto de 78 datos (días), para cada profundidad (15, 30 y 40 cm) tuvo un coeficiente de regresión lineal (r^2) de 0.8779, 0.8186 y 0.7994, para el suelo areno-franco y las profundidades respectivas. Para el suelo de textura Franca los coeficientes de regresión lineal (r^2) son 0.8457, 0.7876 y 0.6589, para las profundidades respectivas. Los resultados indican que hay suficiente correspondencia entre los contenidos de humedad de los sensores ensayados.

Un aspecto importante es la correspondencia de los resultados de cada uno de los sensores



con la humedad que directamente se obtiene del suelo mediante el método gravimétrico. En el suelo areno-franco los sensores de la marca Octet++ presentaron coeficientes de regresión (r^2) más altos: 0.9618, 0.8817 y 0.9310, para las profundidades de 15, 30 y 40 cm, respectivamente; los sensores marca Watermark® tuvieron los siguientes valores del mismo coeficiente: 0.8793, 0.6989 y 0.6238, para las mismas profundidades. Ambos sensores mostraron correspondencia con la humedad determinada gravimétricamente, sin embargo, Octet++® presentó los mayores coeficientes de regresión lineal, lo cual significa que determina el contenido de humedad con mayor similitud a la existente en forma real en el suelo, es decir, a la determinada por el método gravimétrico. Se aprecia diferencia en la precisión de la humedad entre suelos, en el areno-franco ambos sensores tuvieron mejor ajuste (R^2) que en el franco, respecto al método gravimétrico. De acuerdo a como se manejaron los riegos en las macetas, cuando el suelo está saturado, las lecturas en Octet++® son de 100, mientras que las de Watermark® son de 0; a medida que el suelo se fue secando, los resultados con Octet++® progresivamente disminuyeron y en una magnitud determinada los de Watermark® se incrementaron. El modelo lineal es negativo, debido a que en la medida que las lecturas de humedad con uno de los sensores se incrementa con el otro disminuye (figuras 1 y 2).

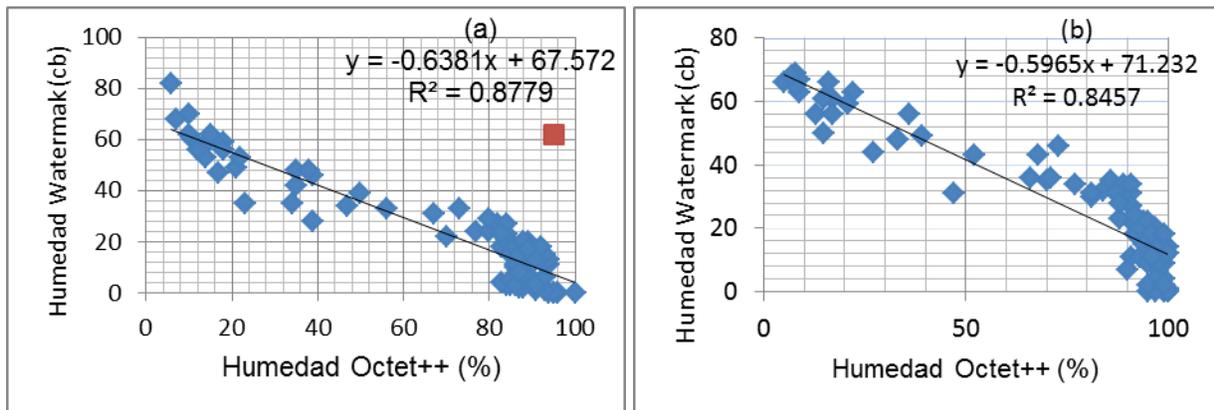


Figura 1. Contenido de humedad en el suelo (a) areno-franco y (b) franco, medida con los sensores Octet++ y Watermark, a profundidad de 15 cm.

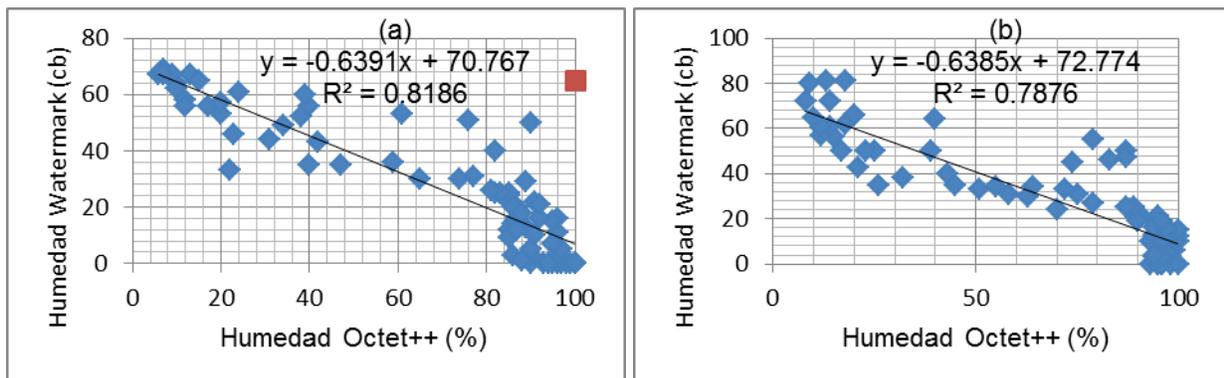


Figura 2. Contenido de humedad en suelo (a) areno-franco y (b) franco, medida con sensores Octet++ y Watermark, a profundidad de 30 cm.

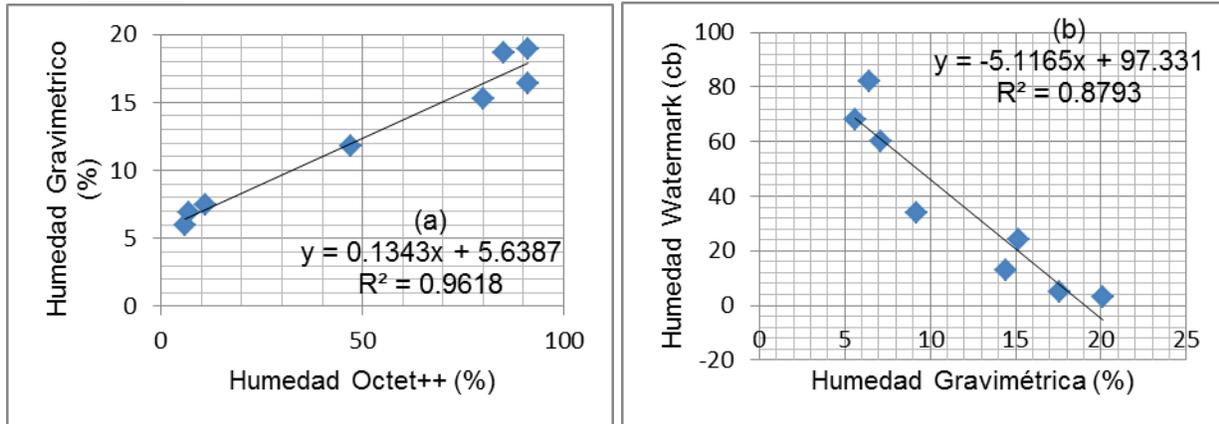


Figura 3. Contenido de humedad en el suelo areno-franco determinada con los métodos (a) gravimétrico y con sensor Octet++ y (b) con sensor Watermark y el método gravimétrico a la profundidad de 15 cm.

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos, ambos sensores son efectivos para determinar la humedad en el suelo, particularmente el de la marca Octet++®, presentó un comportamiento más similar al método directo con que se determina la humedad del suelo: el método gravimétrico. Por lo cual es una alternativa tecnológica que puede ser utilizada para medir la humedad del suelo a 15, 30 y 40 cm de profundidad.

Bibliografía

- Aissat, K, P.C. Nicot, A. Guechi, M. Bardin, and M. Chibane. 2008. Grey mould development in greenhouse tomatoes under drip and furrow irrigation. *Agron. Sustain. Dev.* 28: 403-409.
- Alaoui, S.M., R. Salgahi, A. Abouatallah, N. Jaouhari, and B. Hammouti. 2014. Impact of drip irrigation scheduling on vegetative parameters in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under unheated greenhouse. *Int. Journal of Engineering Research and Applications.* 4: 71-76.
- Bogena, H.R., J.A. Huisman, C. Oberdörster and H. Vereecken. 2007. Evaluation of a low-cost soil water content sensor for wireless network applications. *Journal of Hydrology.* 344: 32-42.
- IMPI (Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial). 2013. Sistema electrónico para la medición de humedad en suelos y sensor eléctrico para medir humedad en suelo. Número de expediente: MX/a/2013/013467, Folio: MX/E/2013/083918.
- Lagunas-Allué, A. 2013. Evaluación del manejo del riego por medio de sensores de humedad del suelo en un cultivo de tomate para industria. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Pública de Navarra. Pamplona, España. 69 p.
- Nolz, R., G. Kammerer and P. Cepuder. 2013. Calibrating soil water potential sensors integrated into a wireless monitoring network. *Agricultural Water Management.* 116: 12-20.





PROPUESTA DE OBRAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS PARA EL PROYECTO GASODUCTO “SECCIÓN 2B” CHIHUAHUA

López-Santis, B.

Acuacorp de Hidalgo S.A. De C.V. Cruz Del Valle Verde 16 1 Santa Cruz del Monte Naucalpan de Juárez, México, C.P. 53110

Autor responsable. Ing. Bernabe López Santis, lopsantis@hotmail.com, Calle Rio Florido 4040-D, entre Calle 40 A y calle 42 A, Col. Barrio Lerdo. CP 31520. Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua.

Resumen

La presente propuesta contempla la realización de obras para el control de la erosión laminar y erosión en cárcavas principalmente sobre el derecho de vía del proyecto del gasoducto abarcando básicamente 25 m de ancho. El proyecto se localiza sobre los municipios de Chihuahua, Gran Morelos, Santa Isabel, Carichí, Cusiuhiriachí y Cuauhtémoc en el estado de Chihuahua. Es indispensable establecer obras de conservación de suelos, con la finalidad de controlar las escorrentías y evitar la erosión del suelo de tal manera se realizaron recorridos en campo con la finalidad de detectar áreas erosionadas y proponer obras de conservación de suelos según el tipo de erosión identificado. Este trabajo corresponde a la primer etapa ya que actualmente se están realizando las actividades de construcción del gasoducto por lo que se están generando daños al suelo y se propone la realización de 3000 m de barreras de piedra acomodada en curvas a nivel, 70 m³ de presas filtrantes de piedra acomodada, 195 m² de cabeceo de cárcavas y 250 m² de suavización de taludes.

Palabras clave

Conservación, derecho de vía, erosión, suelo

Introducción

Los suelos son sistemas naturales que mantienen una gran diversidad de plantas, aportando nutrientes además de servir de sostén a las mismas, mantienen su fertilidad principalmente por la vegetación, cuando ésta es sustituida, son frágiles al manejo, ya que se pierden grandes cantidades de material orgánico y la capacidad para retener la humedad y la fertilidad del suelo, siendo la causa principal la erosión hídrica (Torres, 1984). Se ha generado información sobre uso sustentable de los suelos, potencialidad y uso actual, sin embargo, los procesos de degradación de los suelos solo han quedado en evaluaciones y se carece de programas de restauración, manejo y conservación de suelos que permitan mitigar y prevenir estos problemas. La conservación de suelos ha sido definida como la ciencia de mantener y/o aumentar la productividad de los terrenos mediante prácticas mecánicas, vegetativas y agronómicas, que deben ser aplicadas de acuerdo a las características particulares de cada



tipo de terreno (Torres, 1984). El campo de la conservación de los suelos es muy amplio, pudiendo incluir todas las prácticas para combatir los procesos de degradación de la tierra. Los

objetivos específicos de la conservación de suelos son: a) controlar la pérdida de nutrimentos de las tierras agrícolas, b) reducir el aporte de sedimentos a lagos, presas, ríos, canales, y cuerpos de agua en general, y c) reducir el daño causado a cultivos por los materiales transportados por el viento y el agua. La erosión hídrica de suelos se refiere a la disminución del grosor del suelo que se encuentra en la parte superficial, por la acción de los impactos de las gotas de lluvia y la escorrentía, que se genera sobre el suelo al ser saturada por el agua acumulada (Figueroa *et al.*, 1991; Leyden y Oldeman, 1997).

Materiales y métodos

Se realizaron recorridos en campo con la finalidad de detectar áreas susceptibles a la erosión a causa de la construcción del gasoducto, las obras propuestas para el control de la erosión se basan en la disponibilidad de material en el terreno para su ejecución.

Barreras de piedra acomodada en curvas a nivel. Se realizan con fines de retención de azolves y disminución de escorrentías, con ello se promueve el control de la erosión laminar en el área, y deben cimentarse a 10 cm de profundidad construyéndose con dimensiones de 30 cm de ancho x 30 cm de alto, se considera una separación promedio de 20 m entre líneas (CONAFOR, 2013).



Figura 1. Evidencia de erosión laminar y necesidad de ejecutar barreras de piedra.

Presas filtrantes de piedra acomodada. Con esta obra se controla la velocidad del escurrimiento superficial, la corrección de la pendiente del cauce, disminuir la producción y arrastre de sedimentos que afecten la construcción del gasoducto (CONAFOR, 2013).



Figura 2. Evidencia de erosión en cárcavas y necesidad de ejecutar presas filtrantes.



Cabeceo de cárcavas. Consiste en el recubrimiento con material inerte como piedras (zampeado seco), o material vegetal muerto (morillos) que tienen la finalidad de disminuir la inclinación de la entrada de la escorrentía en la cárcava, además de proteger el suelo después

del recubrimiento del talud para amortiguar la energía de caída de la corriente (CONAFOR, 2013).



Figura 3. Evidencia de la necesidad de realizar cabeceo de cárcavas.

Suavización y/o estabilización de taludes. El objetivo del control de taludes es evitar el crecimiento lateral y fundamenta en buscar el ángulo de reposo adecuado para el suelo y sedimentos, disminuyendo la inclinación de los taludes y recubriéndolos para evitar la erosión en los mismos y propiciar el crecimiento de la vegetación, esta actividad se realiza con piedra así como de barreras vivas en la orilla de la cárcava (CONAFOR, 2013).



Figura 4. Evidencia de la necesidad de suavización de taludes y evitar el arrastre del suelo.

Resultados

Se obtendrá la recuperación de suelos en 31 ha del proyecto del gasoducto ubicado en los municipios de Chihuahua, Santa Isabel, Cuauhtémoc, Gran Morelos, Cusihuirachi y Carichi en el estado de Chihuahua. La cantidad de obras propuestas se mencionan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Cantidad de obra propuesta obtenida en base a los recorridos en campo.

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD DE OBRA PROPUESTA
Barreras de piedra acomodada en curvas a nivel	M	3000
Presas filtrantes de piedra acomodada	m ³	70
Cabeceo de cárcavas	m ²	195
Suavización de talud	m ²	250

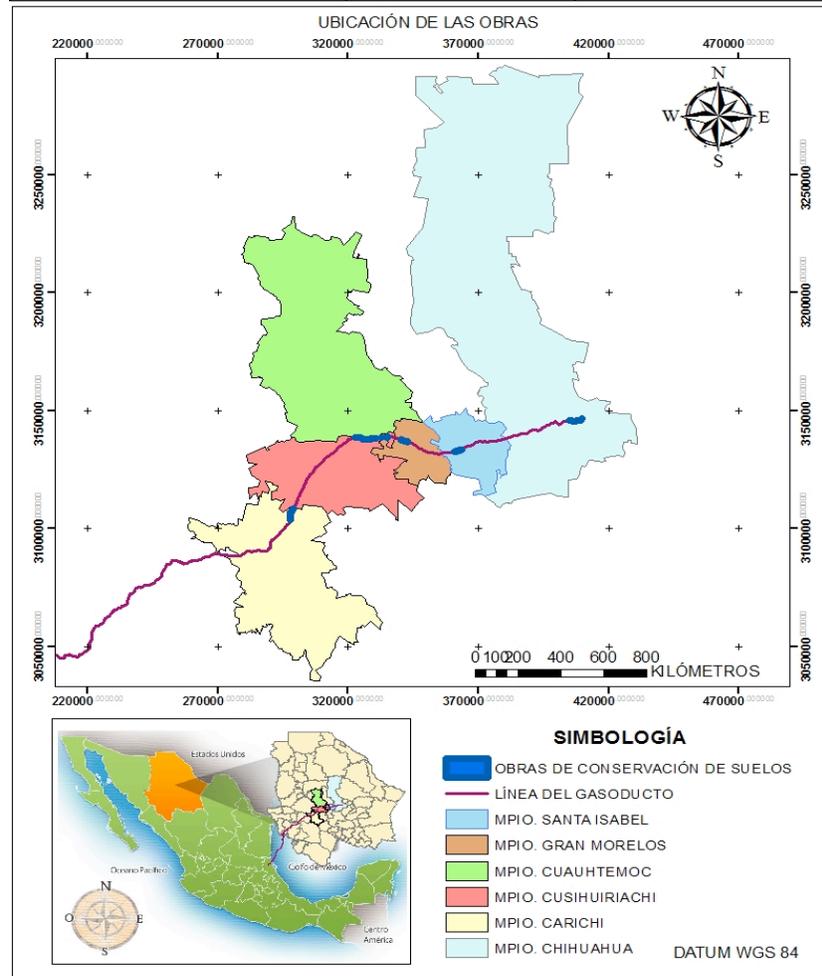


Figura 4. Plano de ubicación de la sección 2B en el trazo del gasoducto.



Conclusión

La cantidad de obra propuesta se basa en la disponibilidad de material y las características del terreno en el área es variable, en el caso de las barreras de piedra se propone la realización de 3 000 m con la finalidad de evitar azolvamiento de arroyos y terrenos agrícolas, la realización de 70 m³ de presas filtrantes contribuye a evitar el crecimiento de la cárcava evitando el arrastre de sedimentos en el área y 195 m² de cabeceo de cárcavas así mismo la obra de suavización de taludes permite controlar la erosión lateral del derecho de vía del proyecto. Estas obras permiten controlar la erosión causada por la construcción del gasoducto de llevarse a cabo se obtiene la retención de suelo de 329.92 ton/ha, cabe mencionar que este trabajo corresponde a la primer etapa del proyecto por lo que únicamente se plantea la propuesta de obras para la conservación del suelos a través del poster informativo, posteriormente una vez construidas las obras se pretende divulgar los resultados obtenidos en el siguiente congreso del suelo.

Bibliografía

- Torres R., E. 1984. Manual de conservación de suelos agrícolas. 2^a. Edición. Editorial Diana. México, D.F. 170 p.
- Figueroa, S. B., A. Amante O., H. G. Cortés T., J. Pimentel L., E. S. Osuna C., J. M. Rodríguez O.Y F. J. Morales F. 1991. Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión. Colegio de Postgraduados. Montecillo, estado de México. México. 150 p.
- CONAFOR, 2013. Manual de obras y prácticas de protección, restauración y conservación de suelos forestales” de la CONAFOR en su 4^o edición: 2013. 285 P.
- CONAFOR, 2012. Criterios técnicos para la ejecución de los proyectos de conservación y restauración de suelos. COORDINACION General de Conservación y Restauración. Gerencia de Suelos. 75 P.





CAMBIO CLIMÁTICO Y ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN EÓLICA EN EL NORTE DE MÉXICO

López-Santos^{1*} A., Martínez-Santiago¹ S., Esquivel-Arriaga² G.

¹Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo

²INIFAP, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (CENID-RASPA-INNIFAP)

*Autor responsable: alopez@chapingo.uruza.edu.mx; Km. 40 Carretera Gómez Palacio-Chihuahua. Bermejillo, Dgo. México. CP. 35230. Tel. +52(872) 7760160,90

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue para determinar el impacto del cambio climático en la erosión edáfica por la acción del viento para el escenario A2, periodo 2010-2039, en el municipio de Lerdo, Dgo., México. El estudio comprendió al municipio de Lerdo, Durango, México (paralelos 25.166 y 25.783° lat norte y meridianos 103.333 y 103.983° long oeste), su clima es seco templado y muy seco (BSohw, BWhw); en la metodología se usaron técnicas de re-escalado dinámico para la modelación de procesos ambientales a partir de información climática, histórica y para tres escenarios de cambio climático regionalizados para México, para determinar el impacto a partir de la tasa de erosión eólica laminar (EEL). Los resultados obtenidos en el escenario futuro A2, indicaron pérdidas de suelo de hasta 176.6 t ha⁻¹ año⁻¹.

Palabras clave:

Degradación, aridez, re-escaladodinámico, sequía, adaptación

Introducción

La erosión eólica es considerada como parte de procesos de degradación de la tierra que es exacerbada por actividades antrópicas inadecuadas y la variabilidad climática de corta y larga duración (UNCCD, 2013); fenómeno (degradación) que a principios de 1990 a nivel global alcanzó un total de 36 x 108 ha, de la cual, el 15.2% corresponde a este fenómeno (Stavi y Lal 2014).

Mediante el empleo de técnicas de reducción de escala (van Roosmalen et al., 2011) y la modelación de variables climáticas, como la lluvia, temperatura y una combinación de ambas a partir de indicadores relacionados con la sequía y grado de aridez se ha demostrado que la modelación de los fenómenos de aridez tienen aplicación a diferentes escalas (Moterroso et al., 2011; López-Santos et al., 2013).

El objetivo de la presente investigación fue para determinar el impacto del cambio climático en la erosión edáfica por la acción del viento para el escenario A2, periodo 2010-2039, en el municipio de Lerdo, Dgo., México.

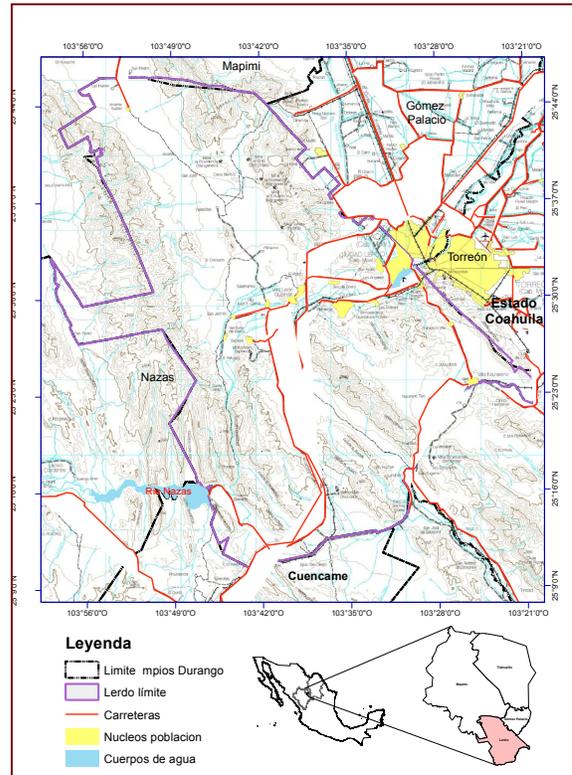
Materiales y Métodos

Área de estudio, características y ubicación

Lerdo es uno de los 39 municipios del Estado de Durango, México, con una superficie aproximada de 2,106 km² y se localiza (paralelos 25.166 y 25.783° lat norte y meridianos 103.333 y 103.983° long oeste), en una región que presenta un gradiente climático de Sur a Norte que va de seco templado a muy seco (BSohw, BWhw), cuya temperatura media anual varía de 14 a 22°C y la precipitación media anual de alrededor de 300 mm.

Dos de sus principales características, según el INECC-SEMARNAT (2012): son: 1) que se encuentra en dos sistemas hidrológicos claves para la Región, como son la Cuenca Nazas-Torreón (79%) y Aguanaval (20.1%); y 2) solamente el 24% del territorio es apto para la agricultura mecanizada continua, mientras que el 76% restante no es apto (Figura 1).

Figura 1. Ubicación geográfica y principales rasgos topográficos de Lerdo, Durango, México.



Línea base del estudio y modelación de la erosión eólica

El procedimiento para determinar EEL, tanto para el año base (2010) como para el escenario futuro A2, se basó en la determinación del índice de agresividad del viento (IAVIE) y el periodo de crecimiento (PECRE) a partir de la precipitación media anual (PMA) en mm, conforme a las ecuaciones siguientes:

$$\text{PECRE} = 0.2408 \cdot (\text{PMA}) - 0.0000372 \cdot (\text{PMA})^2 - 33.1019 \quad (\text{Ec } 1)$$

$$\text{IAVIE} = 160.8252 - 0.7660 \cdot (\text{PECRE}) \quad (\text{Ec } 2)$$

$$\text{EEL} = \text{IAVIE} \cdot \text{CATEX} \cdot \text{CAUSO} \quad (\text{Ec } 3)$$

Donde, el PECRE se define como el número de días al año con disponibilidad de agua y temperatura favorable para el establecimiento de un cultivo, el cual fue propuesto por Ortiz (1987), mismo que ha sido empleado en varios estudios (Monterroso et al., 2011; López-Santos et al. 2013); EEL se obtiene en t ha⁻¹ año⁻¹; CATEX, corresponde al índice relacionado con las propiedades edáficas; CAUSO, es un índice definido a partir de los diferentes usos del suelo.



Resultados y Discusión

A partir de los valores históricos y las anomalías, se determinaron los valores de PMA para los escenarios futuros A2, A1B y B1, para un horizonte aproximado de 30 años (2010-2039). Las anomalías de la PMA, por ser negativas, se obtuvieron al sustraer del valor histórico el valor equivalente en mm; por ser muy similares entre los tres escenarios futuros, descritos por Magaña et al (2012), el análisis de impacto se centró sólo en el escenario A2.

Estimación y zonificación de la tasa de EEL

La tasa de erosión eólica laminar histórica (TEELH) calculada para el municipio de Lerdo va desde 17 a 147 t ha⁻¹ año⁻¹. De acuerdo a esto, para los rangos definidos en la literatura (SEDESOL-INE, 1989), el 65.2 % de la superficie municipal (136,694.4 ha) presenta una erosión eólica laminar ligera por estar en un rango de 23 a 51 t ha⁻¹ año⁻¹; en tanto que el 12.2 % del territorio (5769.3 ha) es de moderada a alta con rangos de 51-76 a 76-147 t ha⁻¹ año⁻¹ (Figura 2A).

En el contexto del Escenario A2, los resultados indica cambios de poca importancia para la tasa de erosión eólica laminar, al pasar los Rangos del histórico de 17-147 a 16.8-147.2 t ha⁻¹ año⁻¹, lo cual produce diferencias relativa absolutas, entre los límites inferior y superior, de 1.17 y 0.14%, respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis de los cambios en los Rangos de la tasa de erosión eólica laminar entre los escenarios histórico y el A2.

Rango	Variable		Impacto	
	EEL _H	EEL _{A2}	CA	IR
		-1 -1 ----- t ha año -----		%
Inferior	17	16.8	0.2	1.17
Superior	147	147.2	0.2	0.14
Promedio	82	82	0	0.00

EELH = Erosión eólica laminar histórica; EEL_{A2} = Erosión eólica laminar en el escenario A2; CA = Cambio absoluto (EEL_H - EEL_{A2}); IR = Importancia relativa (CA/EEL_H)

Sin embargo, del análisis de impacto se deduce que pequeños cambios en la tasa de erosión eólica laminar (± 0.2 t ha⁻¹ año⁻¹), en términos de la superficie que se ve afectada y adquiere otra dimensión del problema futuro por la disminución de la humedad originada por la lluvia, de lo que se esperaría con ello que el viento tenga una incidencia en una superficie mayor que el observado en el histórico. Por ejemplo, para el caso de la erosión clasificada como muy ligera (16.8-23 t ha⁻¹ año⁻¹) y ligera (23-51 t ha⁻¹ año⁻¹), la superficie afectada en términos reales se incrementa, del histórico al Escenario A2, en un 11.69%, al pasar en la primera clase (Muy ligera) de 47,381 a 51,587 ha, y en la segunda (Ligera) de 136,649 a 141,653 ha (Figura 2D).

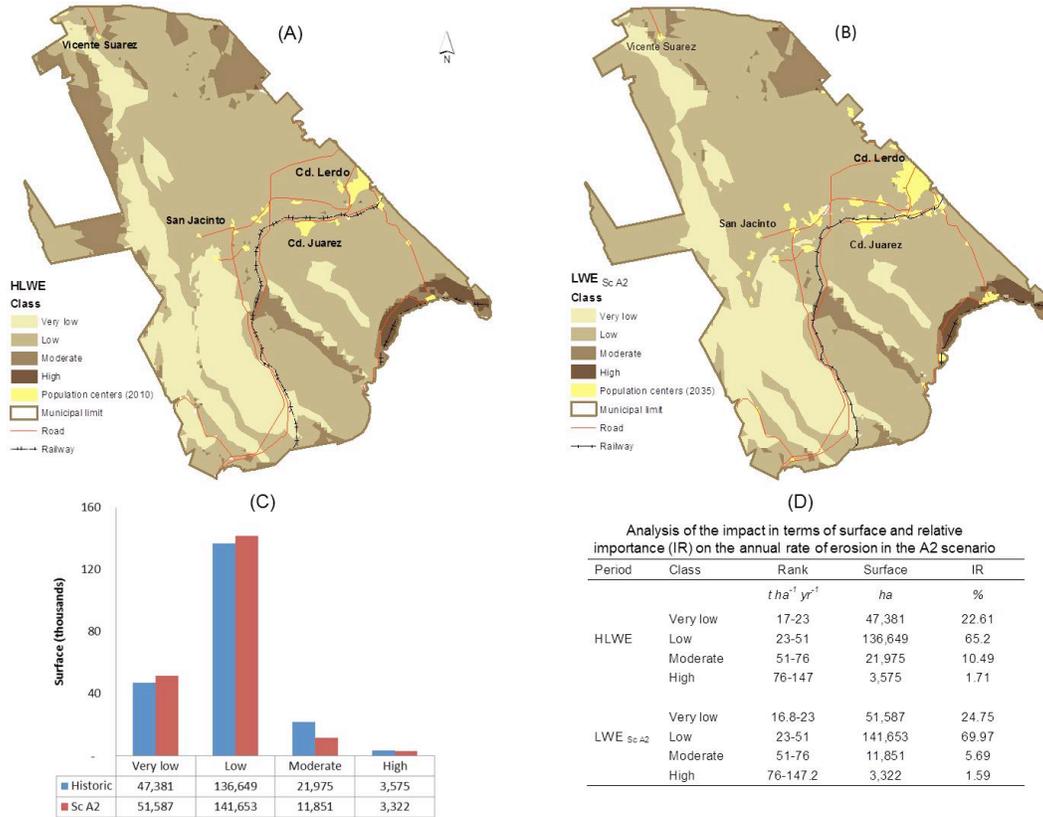


Figura 2. Distribución espacial de la EEL en el histórico y el escenario A2.

La tasa de erosión eólica laminar calculada en el Escenario A2 (16.8 -147.2 t ha⁻¹ año⁻¹), equivalente a la remoción y transporte de una capa de suelo de entre 1.68 y 14.7 mm de espesor. Considerando que la mayor parte del territorio es de textura media, su densidad aparente está en un rango de 1,100 y 1,200 kg m⁻³, lo que implica una pérdida potencial de hasta 0.5 m de espesor en 30 años aproximadamente. Para este tipo suelo, estos valores exceden las tasas de tolerancia de pérdida de suelo (5-12 t ha⁻¹ año⁻¹) propuestas por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA) (Montgomery, 2007).

Conclusiones

Como consecuencia de las condiciones biofísicas y bioclimáticas del área de estudio, se observa una susceptibilidad a la erosión eólica en diversos grados, siendo más crítica la amenaza futura, al 2039, en la parte centro y sureste del territorio, que es donde se asienta la mayor parte de la población, y donde se esperarí un mayor crecimiento y concentración urbana. Además de esto, habrá que considerar que la lámina de pérdida de suelo en 30 años podría crear una crisis ambiental con efectos que deben ser valorados para tomar medidas de mitigación tan pronto como sea posible.



Bibliografía

- López-Santos, A., Pinto E., J., Ramírez L., E. L. 2013. Modeling of the Potential Impact of Climate Change Using Two Environmental Indicators in Northern Mexico. *Revista Atmósfera* 26(4), 479-498.
- Monterroso A. I., A. C. Conde, D. Rosales, J. D. Gómez and C. Gay. 2011. Assessing current and potential rainfed maize suitability under climate change scenarios in Mexico. *Atmósfera* 24, 53-67.
- Montgomery D. R. 2007. Soil erosion and agricultural sustainability. *P. Natl. Acad. Sci. USA* 104, 13268-13272.
- Ortiz-Solorio, C. A. 1987. *Elementos de agrometeorología cuantitativa con aplicaciones en la República Mexicana*. 3ª edición. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- SEDESOL-INE. 1989. Ordenamiento Ecológico del territorio. Memoria Técnica y Metodológica. Secretaría de Desarrollo Social e Instituto Nacional de Ecología. 66 p.
- SEMARNAT-INECC, 2012. México. Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 1ra ed. 441 p. Impreso y hecho en México. Printed in Mexico. ISBN: 978-607-8246-50-2
- Stavi I. y R. Lal. 2014. Achieving Zero Net Land Degradation: Challenges and opportunities. *Journal of Arid Environments* (En prensa): 1-8. Doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.01.016
- UNCCD. 2013. 2ª 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. *Ravisado* (28/03/2013) In: <http://2sc.unccd.int/es/inicio>. ISBN: 978-92-95043-65-7
- Van Roosmalen L., T. O. Sonnenborg, K. H. Jensen and J. H. Christensen. 2011. Comparison of hydrological simulations of climate change using perturbation of observations and distribution-based scaling. *Vadose Zone J.* 10, 136-150, doi:10.2136/vzj2010.0112.





RESIDUALIDAD DEL INSECTICIDA TEMIK 15 G[®] EN SUELOS DE BAJA CALIFORNIA SUR.

Loya-Ramírez, J. G.^{1*}; Beltrán-Morales, F. A.¹; Ruíz-Espinoza, F. H.¹; Zamora-Salgado, S.¹ Reyes-Sánchez, R. G.¹

¹Universidad Autónoma de Baja California Sur. La paz, Baja California Sur. México.

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

Resumen

El control químico de *Diaphorinacitri* Kuwayama, que es vector de la enfermedad llamada “huanglongbing” (HLB), requiere de insecticidas con poder residual que permita proteger al árbol durante varios meses. El HLB ha sido confirmada en el Puerto de San Carlos Baja California Sur, la cual es una comunidad ubicada a 30 km de la zona citrícola de este Estado. El objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes dosis de Temik 15 G[®] para la protección de árboles de cítricos en crecimiento. El experimento fue establecido en el Lote 32 de la Colonia Álvarez, en el Valle de Santo Domingo, Baja California Sur. En este trabajo, tres dosis de Temik 15 G[®] (15.0, 20.0 y 25.0 kg/ha) fueron comparadas. Las dosis fueron aplicadas en los cuatro costados del árbol depositando el insecticida en excavaciones de 10 cm de profundidad. Las variables medidas fueron: diámetro de frutos, número de frutos y número de psíldos/árbol. Los residuos de Temik en frutos y suelo fueron determinados mediante análisis químicos. El efecto del insecticida sobre número de frutos no se notó claramente. El efecto de Temik sobre diámetro del fruto mostró una relación aparentemente inversa. Los promedios inferiores de psíldos/árbol ocurrieron en la dosis de 25.0 kg/ha, en la cual el promedio fue inferior a 0.3 psíldos/árbol de agosto de 2012 hasta agosto de 2013. El análisis de residuos de Temik en suelo y fruto no mostró signos de residuos del insecticida en ninguna de las muestras.

Palabras clave:

Psílido asiático; residuos tóxicos; suelos semiáridos.

Introducción

Actualmente, México enfrenta una enfermedad mortal llamada Huanglongbing (HLB, greening, enverdecimiento de los cítricos o dragón amarillo), la cual es causada por la bacteria *Candidatus liberibacter* y transmitida por el psílido asiático de los cítricos *Diaphorinacitri* Kuwayama (Ramos, 2008). *Candidatus liberibacter* es una bacteria persistente que se reproduce dentro del insecto pero no se transmite a otras generaciones, de tal forma que la bacteria sobrevive en el vector sin afectar los procesos fisiológicos del insecto, el cual al alimentarse de la planta enferma transmite la enfermedad. La bacteria circula por el floema de



la planta impidiendo la circulación de los nutrimentos por el taponamiento de los vasos floemáticos, provocando síntomas típicos de deficiencias nutrimentales en la planta (Da Graca, 1991). Aunque la bacteria

se restringe al floema de las rutáceas, tiene la capacidad de multiplicarse en la hemolinfa y las glándulas salivales de los psílidos vectores. Dentro del insecto, la bacteria cruza la pared intestinal hasta llegar a las glándulas salivales, vía hemolinfa, tomándose para esto de 1 a 3 semanas según la virulencia del biotipo (Orozco, 1995).

Para controlar el psílido, los productores de otros países, usan una gama amplia de insecticidas, entre los más eficientes se encuentran imidacloprid, deltametrina, y clorpirifós, aplicados sobre árboles jóvenes. Los aceites derivados de petróleo tienen ventajas con respecto a los insecticidas convencionales, debido a que son menos agresivos a los enemigos naturales (Alemán *et al.*, 2007 citado por Villanueva-Jiménez *et al.*, 2011)

Materiales y Métodos

El experimento fue establecido en la huerta del productor Ing. Sergio Contreras López, ubicada en el Lote 32 de la Colonia Álvarez. Las plantas de *Citrus sinensis* tenían una edad de dos años. Tres diferentes dosis de Temik 15G[®] fueron evaluadas. Un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones fue utilizado en este experimento. Las dosis comparadas fueron: 48.0, 64.0 y 80 g/planta (15.0, 20.0 y 25 kg/ha, respectivamente), las cuales fueron aplicadas el día 20 de julio de 2012. Estas dosis fueron aplicadas en el suelo, a una separación de 30 cm de la planta. Cada dosis fue dividida en cuatro partes y cada una fue colocada en una zanja de 10 cm de profundidad y de 10 cm de longitud. Las zanjas fueron localizadas en los cuatro costados del árbol. Este experimento fue observado durante dos años después de la aplicación de las dosis de Temik 15 G[®]. El propósito de continuar este trabajo por dos años fue evaluar el efecto residual de Temik 15 G[®] contra el psílido asiático de los cítricos. El muestreo de insectos fue realizado dos veces al mes con el fin de determinar la fluctuación del psílido en cada dosis. El número de frutos también fue medido para determinar el efecto de las dosis sobre el rendimiento. Análisis de suelo y fruto, provenientes de todas las dosis incluyendo al Testigo, fueron llevados a cabo por un laboratorio certificado por el SENASICA. Estos análisis resultaron indispensables en virtud de la preocupación de los productores por los posibles residuos peligrosos de Temik.

Resultados y Discusión

En la Figura 1 se muestra la variable diámetro del fruto en relación con las dosis de Temik 15 G[®] aplicadas. Los frutos del Testigo tienen los diámetros mayores (7.3 cm), le sigue la dosis de 15 kg/ha con 7.2 cm, después la dosis de 25 kg/ha (7.0 cm) y por último la dosis de 20 kg/ha con 6.7 cm. Se observa una tendencia a la baja a medida que la dosis de Temik 15 G[®] incrementa. Esta relación aparentemente inversa entre las dosis de Temik 15 G[®] y el diámetro del fruto es difícil de explicar.

Productor: Sergio Contreras

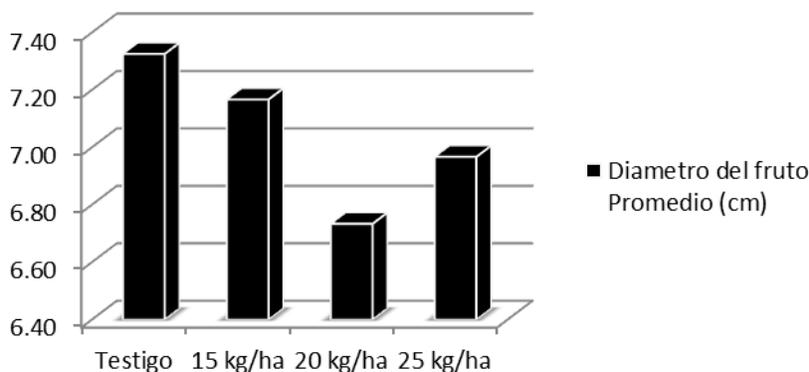


Figura 1. Efecto de tres dosis de Temik 15 G® sobre el diámetro del fruto en árboles de naranjo en la huerta del productor Ing. Sergio Contreras López ubicada en el Lote 32 de la Colonia Álvarez.

La Figura 2 compara el promedio del número de frutos en relación a las dosis de Temik 15 G® aplicadas. Los árboles con mayor producción de frutos fueron los de la dosis de 15 kg/ha con 29.8 frutos/árbol. Le siguen la dosis de 25.0 kg/ha y Testigo con un promedio de 22.8 y 22.0 frutos/árbol respectivamente. Por último, tenemos la dosis de 20 kg/ha con 13.6 frutos/árbol. La falta de una relación entre las dosis y el número de frutos muestra que no hubo efecto del insecticida sobre esta variable.

Productor: Sergio Contreras

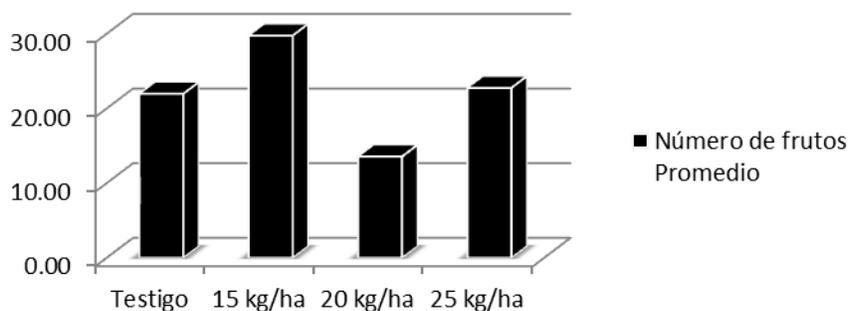


Figura 2. Efecto de tres dosis de Temik 15 G® sobre el número de frutos en árboles de naranjo en la huerta del productor Ing. Sergio Contreras López ubicada en el Lote 32 de la Colonia Álvarez.

La Figura 3 muestra la comparación del Testigo y tres dosis de Temik 15 G® sobre adultos de psílido asiático de los cítricos. Se observa que la media en la dosis de 20.0 kg/ha fue superior en tres fechas de las veintiocho muestreadas: el 22 de septiembre y el 04 de octubre de 2012 y el 12 de octubre de 2013 con 1.5 psílicos/árbol. La media del Testigo se muestra superior el 26 de agosto, el 8 de septiembre y el 21 de octubre del 2012, con 0.3, 1.3 y 0.5 psílicos/árbol respectivamente, así como, el 7 y el 27 de noviembre del 2013 con 3.8 y 2.3 psílicos/árbol respectivamente. La media de la dosis



de 15 kg/ha fue mayor en dos fechas (13 de mayo y el 21 de julio del 2013) con valores inferiores a 0.3 psílicos/árbol, en ambas fechas. La dosis que resultó con menor presencia de psílicos fue la de 25.0 kg/ha, la cual siempre estuvo por debajo del resto de las dosis. En esta dosis el umbral económico (1.0 psílicos/árbol), establecido para esta zona citrícola, fue ligeramente superado solo el día 12 de octubre del 2013 con 1.3 psílicos/árbol.

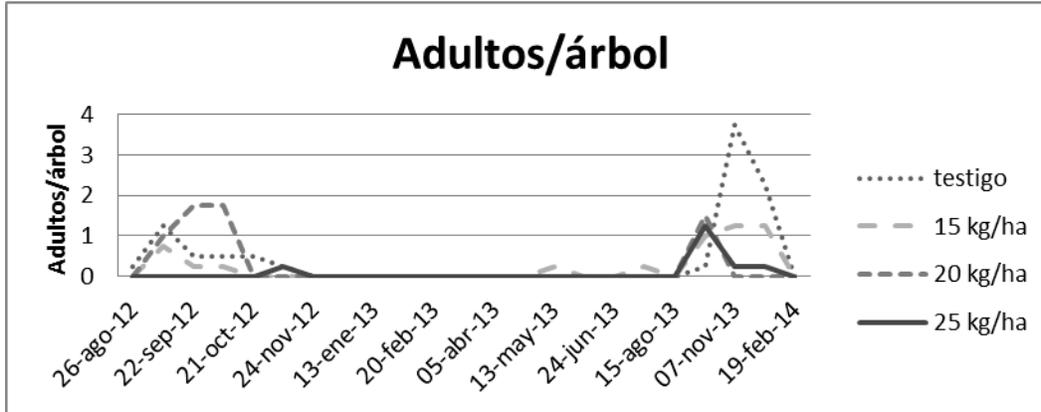


Figura 3. Efecto de Temik 15 G[®] sobre adultos de psílido asiático de los cítricos.

El Cuadro 1 muestra los resultados de los análisis químicos de frutos. Los estudios revelaron que el equipo utilizado no encontró residuos de Temik 15 G[®] en ninguna de las dosis aplicadas. Este resultado es una evidencia inequívoca de que el Temik 15 G[®] no fue transportado a los frutos del naranjo después de casi dos años de su aplicación.

Cuadro 1. Análisis químico de frutos llevado a cabo por la empresa Agrolab mediante cromatografía líquida de masas LC/MSMSQQQ (Agilent6460). Nivel mínimo de calibración 0.005 ppm. Lote 32 de la Colonia Álvarez.

Productor: Sergio Contreras	
Análisis químico de frutos	
Tratamiento	Residuos encontrados (mg/kg de muestra)
Testigo	0.0
15 kg/ha	0.0
20 kg/ha	0.0
25 kg/ha	0.0

El Cuadro 2 muestra los resultados de los análisis químicos del suelo. Los estudios revelaron que el equipo utilizado no encontró residuos de Temik 15 G[®] en ninguna de las dosis aplicadas. Este resultado es una evidencia inequívoca de que el Temik 15 G[®] no permaneció en el suelo de la huerta después de casi dos años de su aplicación.



Cuadro 2. Análisis químico de suelo llevado a cabo por la empresa Agrolab mediante cromatografía líquida de masas LC/MSMSQQQ (Agilent6460). Nivel mínimo de calibración 0.005 ppm. Lote 32 de la Colonia Álvarez.

Productor: Sergio Contreras	
Análisis químico de suelo	
Tratamiento	Residuos encontrados (mg/kg de muestra)
Testigo	0.0
15 kg/ha	0.0
20 kg/ha	0.0
25 kg/ha	0.0

Conclusiones

El insecticida no mostró efecto consistente sobre número de frutos/árbol. Sin embargo, se observó una relación aparentemente inversa entre las dosis aplicadas y diámetro del fruto. La dosis de 25.0 kg/ha mantuvo los promedios inferiores a 0.3 psílido/árbol desde agosto de 2012 hasta agosto de 2013. Mientras que el resto de las dosis, al menos en una fecha, el nivel de infestación rebasó el 0.5 psílicos/árbol. Al considerar el gran riesgo que representan la presencia de adultos en el huerto, la dosis de 25.0 kg/ha resulta una opción para proteger el árbol durante un año, por lo menos. Los resultados del análisis del laboratorio indican que no hubo residuos del insecticida en el fruto ni en el suelo después de año y medio de la aplicación del insecticida. Por lo anterior, la aplicación de este insecticida sistémico resulta una medida de protección viable de los cítricos contra el PAC.

Agradecimientos

Los autores agradecemos a Fundación Produce Baja California Sur AC por el financiamiento de esta investigación. Así mismo, reconocemos la colaboración del Ingeniero Diego Camacho Ponce en la preparación del borrador de algunos capítulos de este trabajo.

Bibliografía

- Da Graca, J.V. 1991. Citrus greening disease. *Annu. Rev. Phytopathol.* 29: 109-136
- Orozco, S.S. 1995. Enfermedades presentes y potenciales de los cítricos en México, Universidad Autónoma Chapingo, México. 150 pp.
- Ramos, C.M. 2008. Huanglongbing (“citrus greening”) y el psílido asiático de los cítricos, una perspectiva de su situación actual. *Oficial Agrosanitario del OIRSA.* México, D.F. 5-19 pp.
- Villanueva-Jiménez, J.A., H. Cabrera-Mireles, L. Aguilar-Román, R. José-Pablo, J.J. Canela-Cantellano and W.A. Pérez-Aguilar. 2011. Insecticidas para el control de *Diaphorinacitrikuwayama* (Hemiptera: Psilidae) en toronja en la región central de Veracruz. 2° Simposio Nacional sobre investigación para el manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México, 314-319 pp.





PROPUESTA DE UN AHOYADOR NEUMÁTICO PARA SEMBRAR ÁRBOLES

Martínez-Suárez J. L.^{1*}; Jiménez-Flores H.¹; Marroquín-Cortez G.¹

¹Universidad Tecnológica de Tehuacán. Tehuacán, Puebla. México.

*Martínez Suárez José Luis: luis.martinez@uttehuacan.edu.mx; prolongación 1 sur No. 1101 San Pablo Tepetzingo, Tehuacán, Puebla. México. C.P. 75859; Tel. 01(238)3803100.

Resumen

La agricultura en México es más que un sector productivo importante. Más allá de su participación en el PIB nacional, las múltiples funciones de la agricultura en el desarrollo económico, social y ambiental determinan que su incidencia en el desarrollo sea mucho mayor de lo que ese indicador implicaría. México es líder mundial en el mercado como lo es en la producción de aguacate, y otros como lo son con el mango, plátano, naranja, limón, coco entre otros. Los árboles que producen estos productos son de gran importancia en el mercado internacional, actualmente se siembran los árboles en las regiones productoras y se cuentan en pocas de ellas con aparatos para hacer los “hoyos”. Un aparato que ocupan es un “ahoyador” cuyas características son: portátiles, funcionan a gasolina, cuenta con brocas y tiene una capacidad (esfuerzo cortante) determinada en función del tipo de tierra, el operario debe realizar cierto esfuerzo para mantener firme la máquina. Otro tipo es un taladro perforador con tractor el cual es apto para cualquier tipo de suelo, los barrenos están disponibles a diferentes calibres, tanto los barrenos como el tractor son de gran peso, el cual no puede ser desplazado por un individuo. Dado lo anterior se pretende sugerir una máquina la cual pueda ser transportada por un individuo y pueda aplicar la carga (esfuerzo) a cualquier tipo de suelo por medio de la neumática, dado que estas pueden tener características de esfuerzos grandes y sus elementos no son de gran peso y dimensiones.

Palabras clave

Ahoyador, esfuerzo, árboles.

Introducción

México es un país con una amplia variedad de recursos naturales. Todo lo que se encuentra en la naturaleza y que puede ser aprovechado por el hombre es un recurso natural por ejemplo: los ríos, lagos, bosques, minerales, el suelo, petróleo, aire y hasta el sol. Las personas trabajamos para obtener, transformar o intercambiar los recursos naturales y utilizarlos en nuestro beneficio. Para ello, realizamos actividades económicas que pueden pertenecer a los sectores *primario*, *secundario* o *terciario*. Las actividades de los tres sectores están ligadas entre sí. Dentro del sector primario la agricultura en México es más que un sector productivo importante. Más allá de su participación en el PIB nacional, que es de apenas 4%, las múltiples funciones de la agricultura en el desarrollo económico, social y ambiental determinan que su incidencia en el desarrollo sea mucho mayor de lo que ese indicador



implicaría. La agricultura es una actividad fundamental en el medio rural, en el cual habita todavía una parte altamente significativa de la población nacional. En las pequeñas localidades rurales dispersas (con población inferior a 2,500 personas) viven 24 millones de mexicanos, es decir, casi la cuarta parte de la población nacional (FAO, 2014). Aún con el porcentaje tan bajo de su PIB en agricultura encontramos que México es líder mundial en el mercado del aguacate, participó en 2009 con 27% de la superficie sembrada total, es el principal exportador con el 40% y el de mayor consumo per-cápita, con 10 kg al año. Los rendimientos por hectárea ocupan el cuarto lugar a nivel mundial (10.1 ton/ha), por debajo de República Dominicana (19.3 ton/ha), Colombia (16.5 ton/ha), Brasil (12.9 ton/ha), seguido por Chile (10 ton/ha) y Estados Unidos e Indonesia (9.8 ton/ha) (Secretaría de economía, 2012).

Otro Producto es el mango, durante el 2013 el valor de las exportaciones incrementó 16 por ciento, lo que contribuyó a consolidar a México en el primer lugar en las ventas de este producto, informó la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Cabe señalar que el mango que se produce en 23 estados, de los cuales 10 contribuyen con el 98 por ciento del total de la producción nacional.

Aunado a estas estadísticas encontramos también a la naranja que se cultiva en 60 países de los cinco continentes del mundo. Por producción y consumo per cápita es hoy en día la fruta más importante a nivel mundial. México es el cuarto productor de cítricos en el mundo, después de Brasil, Estados Unidos y China (CCM, 2007).

Otro producto importante es el plátano, de acuerdo a la FAO, en 2009 se cosecharon 4.9 millones de hectáreas de plátano en todo el mundo, siendo los países con mayor superficie la India, Tanzania, Brasil y Filipinas. China ha cobrado importancia en los últimos años en este cultivo, en 2009 cosechó, 350 mil hectáreas, 13% más que el año anterior, ubicándose en el tercer lugar mundial en área dedicada a este cultivo México por su parte, en 2009 ocupó el 9º lugar con 75.8 mil hectáreas, y una producción de 2.2 millones de toneladas, con una participación en la producción mundial de 2% (S.E., 2012).

De acuerdo a los datos presentados se tienen en cuenta que los árboles que producen estos productos son de gran importancia en el mercado internacional, actualmente se siembran los árboles en las regiones productoras y se cuentan en pocas de ellas con aparatos para hacer los “hoyos”. Un aparato que ocupan es un “ahoyador” cuyas características son: portátiles, funcionan a gasolina, cuenta con brocas y tiene una capacidad (esfuerzo cortante) determinada en función del tipo de tierra, el operario debe realizar cierto esfuerzo para mantener firme la máquina. Otro tipo es un taladro perforador con tractor el cual es apto para cualquier tipo de suelo, los barrenos están disponibles a diferentes calibres, tanto los barrenos como el tractor son de gran peso, el cual no puede ser desplazado por un individuo. Dada las condiciones anteriores se pretende sugerir una máquina la cual pueda ser transportada por un individuo y pueda aplicar la carga (esfuerzo) a cualquier tipo de suelo por medio de la neumática, dado que estas pueden tener características de esfuerzos grandes y sus elementos no son de gran peso y dimensiones.



Materiales y Métodos.

- 1.- Diseñar propuesta en software y realizar simulación en CATIA.
- 2.- Realizar el cálculo del esfuerzo máximo para hacer un hoyo para sembrar un árbol.
 - a) Tomar las dimensiones de una bolsa para sembrar, la cual es de 23 x 20 cm (FHIA, 2011), con base a este se toma las dimensiones cilíndricas del hueco a sembrar, considerando las holguras tanto diametralmente como de profundidad.
 - b) Tomar el máximo peso de la tierra con humedad la cual es de 1400 Kg por metro cubico, este lo redondeamos a 1500 para evitar pérdidas.
 - c) Obtener la cantidad de Kilogramos de tierra que se necesitan remover por medio del volumen por los Kg sobre metro cubico de la tierra.
 - d) Sacar el peso del material.
 - e) Sumar los pesos.
 - f) Inferir en el esfuerzo cortante.
 - g) Seleccionar los pistones neumáticos y el compresor.

Resultados y Discusión

La máquina que se pretende realizar es por medio de unas pinzas las cuales extraerán la tierra, estas asemejan a las palas para sembrar tal como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Paletas de extracción.

Se toma como base estas paletas debido a que al ejercer la presión el volumen de tierra no saldrá de ella se muestra en la Figura 2 las características.

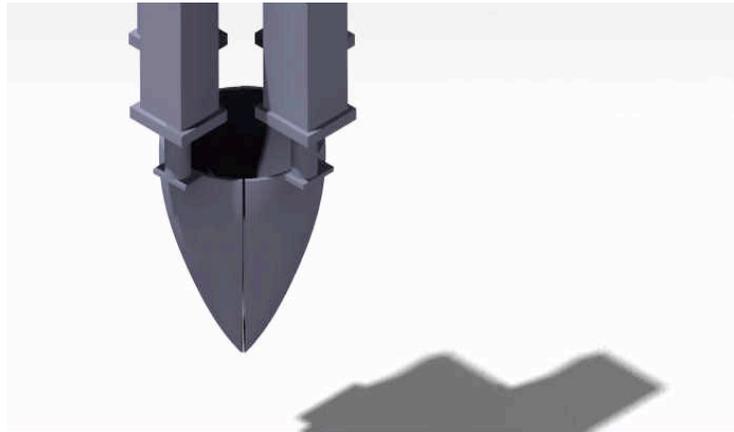


Figura 2. Paletas cerradas.

Para colocar el mecanismo se colocan las paletas en forma de cruzeta y unos soportes para que el vástago pueda hacer la carrera como se muestra en la Figura 3.

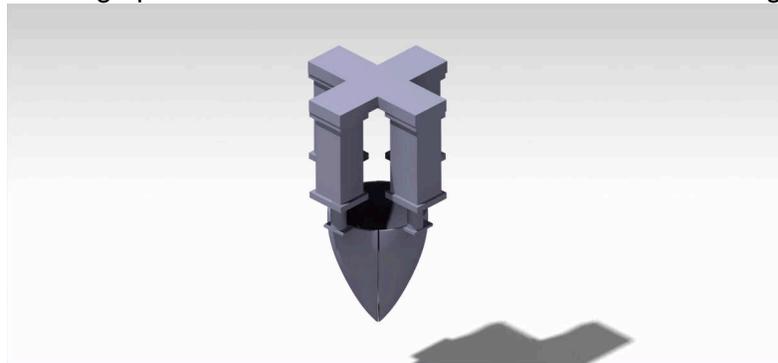


Figura 3. Bases para los pistones.

Dadas las dimensiones de la bolsa del árbol, se tomara como diámetro 30 cm y una profundidad de 30 cm, una vez teniendo esto se obtiene el Volumen.

$$v = \pi r^2 h$$

$$V=0.021 \text{ m}^3$$

Tomando la consideración del peso de la tierra se tiene que:

$$P=(0.021\text{m}^3)(1500\text{Kg/m}^3)=31.5 \text{ Kg}$$

Con base a tablas de acero (Villalva, 2014):

Para el tipo de trabajo se toma una placa de $\frac{1}{4}$ ”;

Puesto que se tiene diseñado paletas de 30 cm x 30 cm, se tiene un área de 0.09 m^2 y dado que son 5 placas entonces se tiene un área de 0.45 m^2 , se toma la consideración de que 1 m^2 pesa 60 Kg entonces el mecanismo tendrá un peso de 27 Kg.

Nota: se desprecian el peso de los pistones puesto que se redondearon datos y los pistones son de poco peso.

Se obtiene el esfuerzo para saber las características de los pistones.

$$\sigma = \frac{27\text{Kg} + 32 \text{ Kg}}{0.09\text{m}^2} = 842.85 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

Con base a este esfuerzo y puesto que tiene el mecanismo 4 pistones se elige el modelo de Cilindro normalizado DNC, ISO 15552, de la marca FESTO, con un compresor.



Conclusiones

Hoy día en México la importancia de la agricultura es un tema relevante e importante, uno de las bases de esta economía son la producción de aguacate, plátanos, limón, naranja entre otros, las cuales comparten las características de que son árboles. Actualmente pocos lugares cuentan con un ahoyador y los que cuentan con ella tienen problemas en cambiar las refacciones o los tractores que ocupan son costosos es por ello que la presente investigación pretende dar una propuesta para sembrar árboles por medio de un mecanismo que soporte un esfuerzo cortante máximo para suelos y soporte la máquina el peso necesario, para ello se realizó los cálculos matemáticos para obtener las características necesarias y tomar la decisión de encontrar los pistones que soporten el peso. Se entrega el modelo diseñado para poder efectuar posteriormente el modelo físico.

Bibliografía

CCM (Consejo Citrícola Mexicano), 2007. Informe de la industria mexicana de naranja fresca. Disponible en: <http://www.dimensionx.com.mx/ccm/naranjaES.pdf>

FAO, 2009, La FAO en México, más de 60 años de cooperación 1945 – 2009. Disponible en: http://www.fao.org.mx/documentos/Libro_FAO.pdf

FAO, 2014. La agricultura y el desarrollo rural en México. Disponible en: http://coin.fao.org/cms/world/mexico/InformacionSobreElPais/agricultura_y_des_rural.html

FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola), 2011. Proyecto promoción de sistemas agroforestales de alto valor con cacao en Honduras. ISBN: 978-99926-36-21-3

SAGARPA, 2014. México el mayor exportador de mango. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2014B289.aspx>

SE (Secretaría de Economía), 2012. Monografía del sector plátano en México: situación actual y oportunidades de mercado. Disponible en: http://www.economia.gob.mx/files/Monografia_Platano.pdf.

Secretaría de economía, 2012. Monografía del sector aguacate en México: situación actual y oportunidades de mercado, disponible en: http://www.economia.gob.mx/files/Monografia_Aguacate.pdf





RELACIÓN DEL TIPO DE SUELO CON LA PRESENCIA DE TEJÓN (*TAXIDEA TAXUS*) EN EL ALTIPLANO POTOSINO-ZACATECANO.

Martínez-Calderas, J.M.^{1*}, Palacio-Núñez, J.¹, Martínez-Montoya, J.F.¹, Clemente-Sánchez, F.¹, Olmos-Oropeza, G.¹

¹Colegio de Postgraduados- Campus San Luis Potosí. Salinas de Hidalgo, S.L.P. México.

*Autor responsable: jesusmanuel@colpos.mx; Iturbide 73, Salinas de Hidalgo, S.L.P. México 78621; Tel. +52(01496)-963-4000

Resumen

El tejón (*Taxideataxus*) es un controlador de pequeños competidores del ganado, e incrementa la heterogeneidad del suelo. Este trabajo se realizó con la finalidad de determinar la relación de la presencia de este carnívoro con el tipo de suelo. El área de estudio fue de 14 111.7 km², que fue dividida en una rejilla con 564.5 cuadros de 5x5 km, donde se aplicó un muestreo simple aleatorio (con un esfuerzo del 10%, n=57 cuadros). En cada centroide se trazó una parcela rectangular de 10x100 m donde se tomaron datos sobre las variables del hábitat y las evidencias de presencia (madrigueras o excavaciones). Hubo presencia en 26.1% de los puntos. Se obtuvo un modelo de distribución potencial mediante MaxEnt. Las variables más importantes fueron: tipos de suelo y de vegetación, y pendiente. El modelo tuvo un AUC de 0.921±0.047, siendo un muy buen modelo. Se localizaron 6 tipos de suelo, los cuales dieron 25 combinaciones considerando textura y fase, de las cuales sólo 4 tuvieron indicios de presencia. El 71.43% de los registros se encontraron en Xerosoles háplicos con textura media y fase petrocálcica, seguido por los Litosoles (10.71%). En los suelos Feozem, Fluvisol y Regosol no hubo registros, por lo que se consideraron restrictivos para la presencia del tejón. En el altiplano Potosino-Zacatecano esta especie está influida por el tipo de suelo. Para mantener poblaciones viables en esta región es importante realizar acciones de conservación y un manejo adecuado del suelo.

Palabras clave: Indicios; MaxEnt; Tipo de vegetación; Xerosol háplico.

Introducción

El tejón o tlalcoyote (*Taxideataxus*) es un carnívoro de talla mediana, que se alimenta básicamente de pequeños animales fosoriales, principalmente ardillas de tierra, ratas y ratones, a las cuales saca de sus madrigueras excavando (Long, 1973; Messick y Hornocker, 1981; Segura, 1986; Eldridge y Whitford, 2009). Su importancia ecológica consiste en controlar las poblaciones de sus presas, en airear y remover capas de suelo, incrementando la heterogeneidad del mismo (Eldridge y Whitford, 2009). Sus madrigueras abandonadas son usadas por otros animales (Cotterill, 1997; Desmond *et al.*, 2000). Actualmente es considerada a nivel internacional como de preocupación menor (Least concern, Reidy Helgen, 2008), pero la misma IUCN reconoce la importancia de una evaluación local (Reidy Helgen, 2008) ya que en México se considera como amenazada (SEMARNAT, 2010). El área de estudio es una zona compleja que incluye llanuras, valles, lomeríos y serranías (algunas de ellas muy abruptas).



Existe un mosaico topográfico que determina la extensión de la subprovincia fisiográfica Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas (Cervantes-Zamora *et al.*, 1990). Los factores que determinan sus límites a su vez determinan la distribución de numerosas especies vegetales y animales, dado que muchas de estas están restringidas sólo a condiciones particulares. En el caso del tejón, se reporta que su hábitat está limitado a condiciones fisiográficas que le permitan escavar, por lo que los suelos pedregosos y la pendiente del terreno abrupta le son restrictivos (MessickyHornocker, 1981; Quinn, 2008). El objetivo de este trabajo fue modelar la distribución potencial del tejón para el altiplano Potosino-Zacatecano y caracterizar el tipo de suelo con la presencia de este mesocarnívoro.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en la subprovincia fisiográfica Llanuras y Sierras Potosino-Zacatecanas (LSP-Z). Esta región presenta un complejo de sierras, mesetas, lomeríos y llanuras (INEGI, 2002). El clima es seco templado con lluvias en verano (BS0kw) con temperatura y precipitación promedio anuales de 12 a 18°C y 300 a poco más de 400mm, respectivamente (INEGI, 2002). La vegetación se caracteriza por diversos tipos de matorrales, siendo el de mayor presencia el desértico micrófilo, dominado por especies arbustivas como gobernadora (*Larrea tridentata*), hojase (*Flourensiacernua*), costilla de vaca (*Atriplexcanescens*), palma china (*Yuccafilifera*). El matorral crasicaule está dominado por *Opuntiasp.*, en el matorral rosetófilo domina *Agavesp.*, y en el mezquital domina *Prosopissp.* Hay algunas variantes relacionadas a bajíos, con gran dominancia de pastos sin arbustos, o zonas salinas con vegetación muy escasa o nula (Rzedowski, 1966; Rzedowski, 1986).

Para ubicar los puntos de muestreo se generó una rejilla con cuadros de 5x5 km (25 km²) usando cartografía base 1: 250000 (INEGI, 1991; 2005^a; 2005^b; 2007), y el programa informático ArcGIS 9.2 (ESRI, 2006). Se obtuvieron 564.5 cuadros, y mediante un muestreo simple aleatorio (con un esfuerzo del 10%) se seleccionaron n=57 cuadros separados al menos 5 km uno de otro. En el centroide de cada cuadro se trazó una parcela rectangular de 10x100m donde se tomaron datos sobre las variables del hábitat e indicios de presencia (madrigueras o excavaciones). Los indicios fueron determinados mediante las guías de Aranda (2000) y Halfpenny (2001). Para determinar el tipo de suelo se tomaron muestras que fueron analizadas en laboratorio; el tipo de vegetación se determinó en campo.

Para la realización del mapa de distribución se utilizaron 25 variables predictoras en formato ráster, con resolución de 1 km². Fueron 19 bioclimáticas (Hijmans *et al.*, 2005), tres topográficas (pendiente, aspecto y elevación), derivadas del modelo digital de elevación (INEGI, 2008) tres bióticas, que fueron tipo de suelo, tipo de vegetación (INEGI, 2005) y Cobertura (Hansen *et al.*, 2000). Para minimizar el número de variables, se realizó una correlación de Pearson con el programa ENM Tools 1.4 (Warren *et al.*, 2008). Para el modelado se utilizó el algoritmo MaxEnt versión 3.3.3k; la corrida se realizó con 20 repeticiones aleatorias (*bootstrap*), usándose 10 000 interacciones, siguiendo las especificaciones de Phillips *et al.* (2006). El 70% de los registros fueron utilizados para ejecutar el modelo y el 30% restante para comprobarlo. La evaluación se basó en la capacidad que tiene el algoritmo para discriminar entre los registros usados para generar el modelo y los de validación; considerando el área bajo la curva (*Area Under the Curve*, AUC) generada por el programa (Hernandez *et al.*, 2006). Se utilizó la prueba de Jackknife para conocer el porcentaje de contribución de cada variable. Considerando el mapa promedio que



representa el hábitat inferido y ajustado de las especies (Anderson *et al.*, 2003; Burneo *et al.*, 2009), se creó un mapa binario de presencia-ausencia utilizando ArcGIS 9.2 (ESRI, 2006).

Para la reclasificación se tomó como umbral de corte el valor mínimo de probabilidad de presencia de cada especie. Con este mapa, se calculó el área de distribución potencial expresado en porcentaje del área total de la subprovincia.

Resultados y Discusión

Se encontraron indicios de la presencia del tejón en el 26.1% de los sitios, en un área con hábitat potencial de 7161.9 km²(50.75%). Las variables que fueron usadas para la realización del modelo son: tipo de suelo, pendiente, cobertura, orientación de la pendiente y elevación, así como cuatro variables bioclimáticas derivadas de la precipitación, y una de la temperatura (Cuadro 1); en conjunto explican el 100% del modelo. El modelo (Figura 1) tuvo un área bajo la curva (AUC) de 0.932±0.047, por lo que este fue una muy buena predicción de distribución potencial según Sweets (1988) y Phillips *et al.* (2006).

Cuadro 1 Variables predictivas importantes para el desarrollo del modelo de distribución del tejón en la subprovincia LSP-Z.

Variable	Porcentaje de contribución	Porcentaje acumulado
Tipo de suelo	23.9	23.9
Pendiente	18.7	42.6
Vegetación	17.4	60
Bio18(Precipitación del cuatrimestre más cálido)	9.9	69.9
Bio1(Temperatura promedio anual)	8.1	78
Cobertura vegetal	5.9	83.9
Orientación de la pendiente	5.7	89.6
Bio17 (Precipitación del cuatrimestre más seco)	4.8	94.4
Altitud	2.9	97.3
Bio16 (Precipitación del cuatrimestre mas húmedo)	2	99.3
Bio15 (coeficiente de variación de la precipitación por temporada)	0.7	100

En la subprovincia se localizaron 6 tipos de suelo, los cuales dieron 25 combinaciones considerando textura y fase, donde sólo cuatro de estas combinaciones tuvieron indicios de la presencia de tejón (Cuadro 2). Cabe señalar que en todos los casos sólo se encontró textura media y, salvo Castañozemháplico donde se encontró fase petrocálcica y pedregosa, en todos los demás casos hubo fase petrocálcica. El mayor número de registros (71.43%) se encontró en los Xerosolesháplicos seguido por Litosoles (10.71%) y Xerosoles cálcico (7.14%). El menor número de indicios se localizó en Castañozemháplico con fase pedregosa y fase petrocálcica(3.6% cada uno). En los suelos Feozem, Fluvisol y Regosol no hubo registros, por lo que se consideraron restrictivos para la presencia de esta especie.

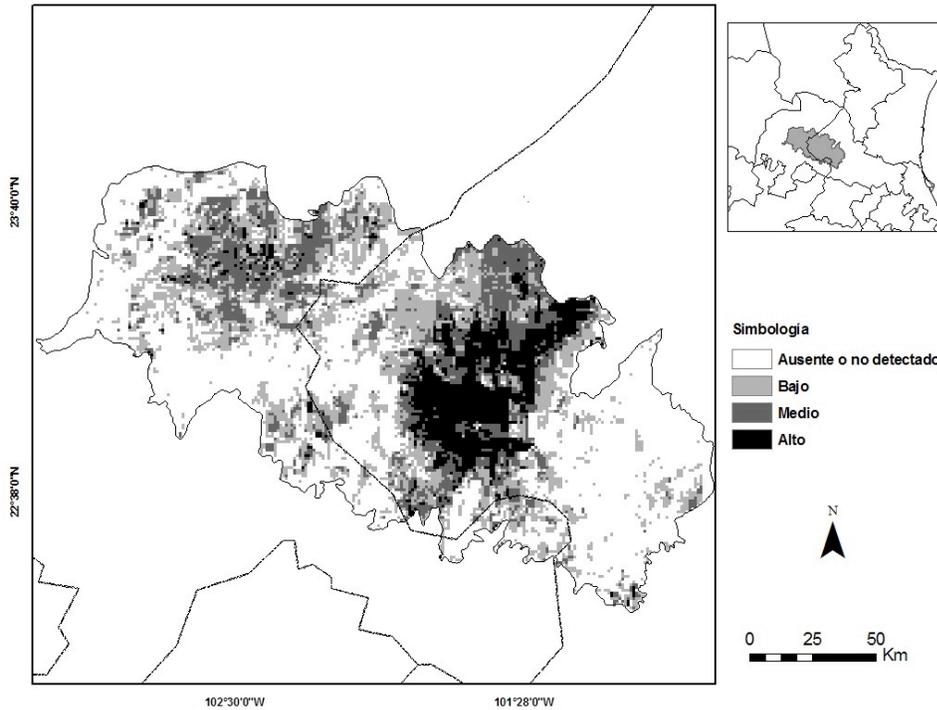


Figura 1. Distribución potencial del tejón (*Taxidea taxus*) en la subprovincia LSP-Z.

Cuadro 2. Registros de presencia del tejón en la subprovincia LSP-Z. Se aporta información del número y tipo registro, así como las coordenadas de cada sitio, pendiente, tipo de vegetación y tipo de suelo.

Indicios		Coordenadas			Suelo			
No.	Tipo	Longitud	Latitud	Pendiente (°)	Vegetación.	Tipo	Textura	Fase
5	M-R	-101.626857	22.77651	1	P	Xk	M	Petrocálcica
5	M-R	-100.86809	22.76097	1	p	Xh	M	Petrocálcica
4	M-R	-102.526996	24.209357	1	Mds	Xk	M	Petrocálcica
3	R	-101.70078	22.805398	0	Mdm	Xh	M	Petrocálcica
2	M-R	-101.780786	22.825114	1	P	Xh	M	Petrocálcica
2	M-R	-101.872287	23.320474	2	P	Kh	M	Pedregosa
1	R	-102.08867	22.83369	2	Mdm	I	M	Petrocálcica
1	R	-103.323244	24.817668	6	Mdm	I	M	Petrocálcica
1	R	-102.337389	24.624304	2	Mdr	L	M	Petrocálcica
1	R	-101.53481	24.360438	2	Mdm	Kh	M	Petrocálcica
1	R	-100.826555	21.949645	6	Mdm	Xk	M	Petrocálcica
1	R	-102.579031	24.233038	3	Iz	Xk	M	Petrocálcica
1	M	-101.915813	22.64925	1	Mdm	Xh	M	Petrocálcica

Abreviaturas: 1) Tipos de indicio: M-R= madriguera-rascadero, R= rascadero, 2) Tipos de vegetación: P = pastizal, Mdm= matorral desérticomicrófilo, Mdr= matorral desérticorosetófilo, 3) Tipos de suelo: Xk= Xerosol cálcico, Xh= Xerosolhápico Kh= Castañozemhápico I= Litosol.



El tipo de suelo resultó importante debido a los hábitos de depredación del tejón, ya que requieren suelos fáciles de cavar (Messick y Hornocker, 1981; Apps *et al.*, 2002; Quinn, 2008). Eldrige (2004) menciona que debido a esta actividad, produce extensa perturbación en el suelo, que inician los cambios dramáticos en la estructura del paisaje. Esto se debe a la remoción del suelo, lo cual genera una reducción de los niveles de nutrientes y una alta relación C:N en los montículos. En excavaciones antiguas de los tejones, la estructura paisajística cambia por el incremento de especies arbustivas, generando manchones de plantas en esos sitios (Eldrige, 2004; Eldrige y Whitford, 2009), lo cual ha sido observado en la subprovincia LSP-Z.

Por su parte, Messick y Hornocker (1981), Eldridge (2004), Apps *et al.* (2002), Hoodicoff (2003) y Quinn (2008) mencionan que la cobertura vegetal se incrementa al haber remoción del suelo por el tejón, lo que favorece la abundancia de presas. Los tipos de vegetación donde se localizaron los registros coinciden con los reportes de Long (1973), Messick y Hornocker (1981), Segura (1986), Eldridge (2004), Apps *et al.* (2002), Hoodicoff (2003) y Quinn (2008).

Conclusiones

La presencia del tejón en el altiplano Potosino-Zacatecano está influida por el tipo de suelo y la facilidad en la que este animal puede excavar y obtener su alimento. Los principales suelos donde se registró a la especie son Xerosoles cálcicos y los Litosoles. Es importante realizar acciones de conservación y manejo adecuado de estos tipos de suelo para mantener poblaciones viables de esta especie y sus presas potenciales.

Bibliografía

- Anderson, R.P., D. Lew, and A.T. Peterson. 2003. Evaluating predictive models of species distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecol. Model.* 162:211–232.
- Apps, C.D., N.J. Newhouse, and T.A. Kinley. 2002. Habitat associations of American Badgers in southeastern British Columbia. *Can. J. Zool.* 80:1228-1239
- Aranda M. 2000. Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz, México. 212 pp.
- Burneo, S., J.F. González-Maya, and D. Tirira. 2009. Distribution and habitat modelling for Colombian weasel *Mustela felipei* in the Northern Andes. *S. Carniv. Conserv.* 41:41-45.
- Cervantes-Zamora, Y., Cornejo-Olguín, S. L., Lucero-Márquez, R., Espinoza-Rodríguez, J. M., Miranda-Viquez, E. y Pineda-Velázquez, A, 1990. Provincias Fisiográficas de México. Extraído de Clasificación de Regiones Naturales de México II, IV.10.2. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1:4000000. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- CIAT. 2005. Latin American and Caribbean Population Data Base. Versión 3. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). United Nations Environment Program (UNEP), Center for International Earth Science Information Network (CIESIN), Columbia University and The World Bank. <http://www.na.unep.net/datasets/datalist.php3>; última consulta: 9.VI.2011
- Cotterill, S.E. 1997. Status of the swift fox (*Vulpes velox*) in Alberta. Alberta Environmental Protection, Wildlife Management Division, Wildlife Status Report No. 7. Edmonton, Alberta.
- Desmond, M.J., J.A. Savidge, and K.M. Eskridge. 2000. Correlations between burrowing owl and black-tailed prairie dog declines: a 7-year analysis. *J. Wildlife Manage.* 64:1067-1075.
- Eldridge D.J. 2004. Mounds of the American badger (*Taxidea taxus*): Significant features of North American shrub-steppe ecosystems. *J. Mammal.* 85:1060-1067.
- Eldridge D.J., and W.G. Whitford. 2009. Badger (*Taxidea taxus*) disturbances increase soil heterogeneity in a degraded shrub-steppe ecosystem. *J. Arid Environ.* 73:66-73.
- Environmental System Research Institute (ESRI). 2006. ArcGIS Desktop 9.2. Redlands, CA.
- Hansen, M., R. Defries, J.R.G. Townshend, and R. Sohlberg. 2000. Global land cover classification at 1km resolution using a decision tree classifier. *Int. J. Rem. Sens.* 21:1331-1365.



- Halfpenny, J.C. 2001. Scats and tracks of the Rocky Mountains. Falcon Guides. Morris Book Publishing, LLC. USA.146 pp.
- Hernandez, P.A., C.H. Graham, L.L. Master and D.L. Albert. 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* 29:773-785.
- Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones and A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int.J.Climatol.* 25:1965-1978.
- Hoodicoff, C. 2003. Ecology of the badger (*Taxideataxusjeffersonii*) in the Thompson region of British Columbia: Implications for conservation. M.S. Thesis, University-College of the Cariboo, Vancouver, British Columbia.130 pp.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1991. Cartas geográficas de clima, suelo y precipitaciones, escalas 1: 100 00 y 1: 250 000). México, D.F. México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2002. Síntesis de información geográfica del estado de San Luis Potosí. Instituto Nacional de Geografía e Informática. Aguascalientes, México
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2005a. Conjunto de datos Vectoriales de la Carta de topografía, Escala 1:150,000, Serie II. Aguascalientes, México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2005b. Conjunto de datos Vectoriales de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1:250,000, Serie III, Continuo Nacional. Aguascalientes, México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2007. Conjunto de datos Vectoriales Edafológicos. Escala 1:250,000, Serie II, Continuo Nacional. Aguascalientes, México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2008. Continuo de elevación nacional. <http://mapserver.inegi.org.mx>.Última consulta: 8.XI.2011
- Long, C.A. 1973. *Taxideataxus*. *Mamm.Species* 26:1-4.
- Messick, J.P. and M. G.Hornocker 1981. Ecology of the badger in southwestern Idaho. *Wildl.Monogr.* 76:1-53.
- Phillips, S.J., R.P Anderson and R.E. Schapire.2006. A maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecol. Model.* 190:231-259.
- Quinn, J.H. 2008. The ecology of the American badger *Taxideataxus* in California: Assessing conservation needs on multiple scales. Ph. D. Dissertation. University of California at Davis.200 p.
- Reid, F. and K. Helgen. 2008. *Taxideataxus*. in: [IUCN] International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1[online].[Cited 07 October de 2013]. Availablefrom: www.iucnredlist.org
- Rzedowski J. 1966. Vegetación del estado de San Luis Potosí. *Acta Científica Potosina* 5: 5-291.
- Rzedowski J. 1986. Vegetación de México. Limusa, México. 432 pp.
- Segura, L.A. 1986. La fauna silvestre en el noreste de México. *Revista Ciencia Forestal* 60:62-74
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-ECOL-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario oficial de la federación. 30 de diciembre del 2010.
- Sweets, J. 1988. Measuring the accuracy of diagnostic system. *Science* 240:1285-1293.
- Warren, D. L., R. E. Glor and M.Turelli.2008. Environmental niche equivalency versus conservatism: quantitative approaches to niche evolution. *Evolution* 62:2868–2883





MODELACIÓN ESPACIAL DE ATRIBUTOS NUTRICIONALES DEL SUELO

Martínez-Rosales, A.^{1*}; Pinedo-Álvarez, A.¹; Hernández-Rodríguez, A.¹; Jiménez-Castro, J.¹; Manjarrez- Domínguez C.¹

¹Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih. México.

*Autor responsable: antrex@live.com; Calle Constitución Núm. 1602, Col. Obrera, Chihuahua, Chihuahua, México. CP 31350; Tel. +52(614)-178-7456

Resumen

El manejo del suelo es cada vez más utilizado para administrar las tierras con vocación productiva. Los contenidos nutricionales, tales como nitratos (N-NO₃), fósforo (P) y potasio (K) son de suma importancia para el desarrollo de cultivos de alto valor comercial. En este estudio el objetivo fue modelar espacialmente las propiedades nutricionales del suelo. El método de interpolación Kriging permitió construir modelos espaciales de 3 nutrientes: N-NO₃, P y K. Estos modelos explicaron la mayor parte de las variaciones de atributos nutricionales y el uso de esta técnica, de manera periódica, puede contribuir al manejo y sustentabilidad del suelo.

Palabras clave

Nutrientes; interpolación; agricultura de precisión

Introducción

La observación de la Tierra es cada vez más utilizada para administrar los recursos del suelo (Maltese, 2011; Ciraolo, 2012); los ecosistemas son capaces de adaptarse a cualquier tipo de variación natural, usando continuamente materia y energía, estos proporcionan al planeta múltiples beneficios ambientales, sociales y económicos, contribuyendo al desarrollo de la sociedad (Rodríguez, 2012). Atributos como la concentración de nitratos (N-NO₃), fósforo (P) y potasio (K) en el suelo, son de suma importancia para el desarrollo de cultivos de alto valor comercial, entre ellos el nogal pecanero de la región norte de México y sur de los Estados Unidos (Lagarda, 1998). Los muestreos de suelo son una herramienta para obtener la condición general del mismo, sin embargo, este tipo de enfoque supone una relación fija y que los atributos son homogéneos. Uno de los aspectos de mayor utilidad ha sido el estudio de la variabilidad espacial de suelos y la predicción de valores en puntos no muestreados a través del uso de las interpolaciones (Henríquez, 2005). El objetivo de este estudio fue determinar la distribución espacial de los atributos nutricionales del suelo aplicando técnicas de modelación geoestadística para obtener modelos predictivos de fertilidad del mismo.



Materiales y Métodos

Área de estudio

El trabajo se ubicó en Casas Grandes, Chihuahua, en un huerto nogalero situado en pastizales y matorrales que se extienden al noroeste de la Sierra Madre Occidental de Chihuahua, aproximadamente a 75 km al sur de la frontera con Estados Unidos, localizado a 30° 50' N, 108° 25' W. El área es una extensa planicie con algunas elevaciones pequeñas, limitada al sur y al oeste por las estribaciones de la Sierra Madre Occidental, y al norte y este por zonas áridas.

Análisis geoestadístico

Los modelos geoestadísticos como el Kriging incluyen la autocorrelación entre atributos, estas técnicas no solo poseen la capacidad de producir una superficie de predicción, sino que además, proveen algunas herramientas para medir la certeza o precisión de estas predicciones (Lillesand, 2008).

Procesamiento de datos

En el análisis de suelo, para la determinación de la variable N-NO₃ se utilizó la técnica de Brucina, P mediante la técnica de Gray y K con acetato de amonio y absorción atómica. El polígono del huerto nogalero se trazó con el ArcGis 9.3, las gráficas 3D y la interpolación fueron elaboradas con Map Calc Learner Academic 2.0.

Resultados y discusión

Los resultados de la modelación espacial de los atributos nutricionales N-NO₃, P y K se presentan en las Figuras 15 a la 20; la concentración de N-NO₃ denotó las zonas de mayor atención por deficiencia de este nutriente. También se encontró que el contenido de P es menos abundante que el N y el K en el suelo, lo que coincide con Havlin (2013), donde en promedio el P es deficiente según los datos mostrados en las Figuras 17 y 18. Se confirmó la capacidad de los suelos para la aportación de K, tal como se presenta en las Figuras 19 y 20, el cual es determinante para las plantas en la sustentabilidad de la producción agrícola y en el manejo de la fertilización con este nutriente (Faria, 2012). Estos índices explicaron la mayor parte de las variaciones en el suelo y están determinados más por las condiciones de manejo que por el tipo de suelo (Silva, 2013).

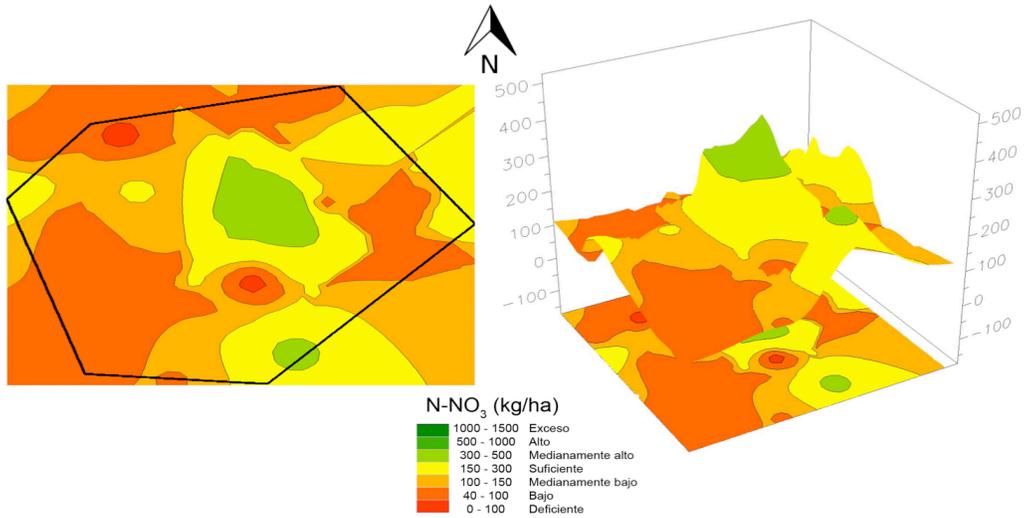


Fig. 15. Mapa 2D de la variable N-NO₃ obtenido mediante la interpolación Kriging ordinario.

Fig. 16. Mapa 3D de la variable N-NO₃ obtenido mediante la interpolación Kriging ordinario.

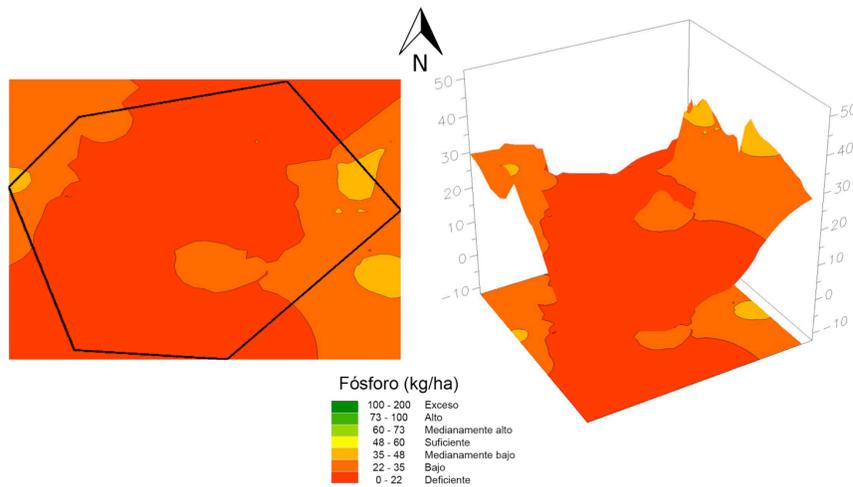


Fig. 17. Mapa 2D de la variable P obtenido mediante la interpolación Kriging ordinario.

Fig. 18. Mapa 3D de la variable P obtenido mediante la interpolación Kriging ordinario.

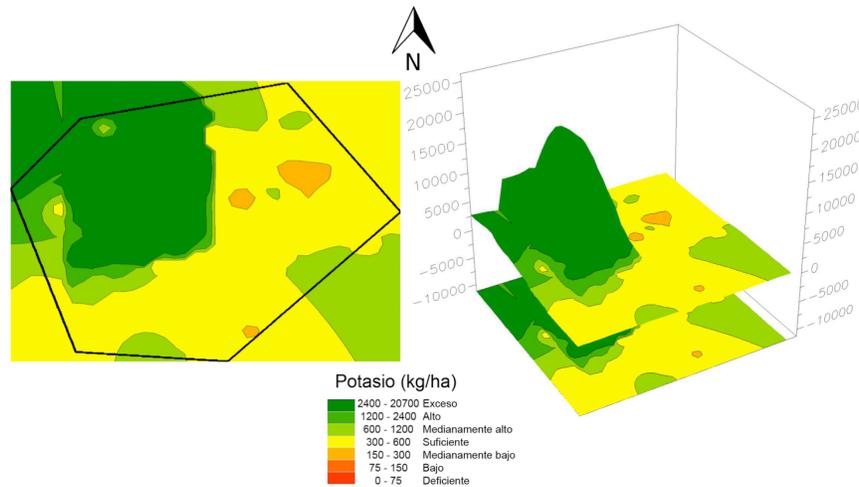


Fig. 19. Mapa 2D de la variable K obtenido mediante la interpolación Kriging ordinario.

Fig. 20. Mapa 3D de la variable K obtenido mediante la interpolación Kriging ordinario.

Mediante el uso de conocimiento específico del sitio, se puede estimar la aplicación de fertilizantes sólo donde y cuando se necesitan, esto también reduce la carga ambiental (Bongiovanni, 2004). Cuando los resultados del análisis de suelo se combinan con información sobre los nutrientes que están disponibles para los distintos cultivos, se establecerá una base fiable para la planificación del programa de fertilidad y manejo (Adamchuck, 2004). Además, los estudios que implican series históricas de manera temporal deben llevarse a cabo para la mejora de esta metodología y la relación con los rendimientos de los cultivos (Colonia, 2013).

Conclusiones

La interpolación Kriging y la modelación espacial demostraron ser útiles para predecir la distribución espacial de atributos nutricionales presentes en el suelo en puntos no muestreados, y con ello, tomar decisiones para la optimización de los recursos; estos modelos explicaron la mayor parte de las variaciones y el uso de esta técnica, de manera periódica, puede contribuir al manejo y sustentabilidad del suelo.

Bibliografía

- Adamchuck V.I., Hummel J.W., Morgan M.T., Upadhyaya S.K. 2004. On-the-go soil sensors for precision agriculture, *Computers and Electronics in Agriculture* 44 p. 71–91.
- Bongiovanni R. 2004. Precision Agriculture and Sustainability, *Precision Agriculture*, 5, p. 359–387.
- Ciraolo, G.; Cammalleri, C.; Capodici, F.; D’Urso, G.; Maltese, A. 2012. Mapping evapotranspiration on vineyards: A comparison between Penman-Monteith and energy balance approaches for operational purposes. In *Proceedings of the SPIE Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology Conference*, Edinburgh, UK, 24–27.
- Colonia D., E. Loarte, J. Torres, A. Santiago, 2013. Influencia de los parámetros climáticos sobre la variación de la cobertura vegetal en la laguna Conocochoa, utilizando técnicas de percepción remota. *Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.
- Faria A.F., Álvarez V. V.H., Mattiello E.M., Lima Neves J.C., Félix De Barros N. E Nogueira De Paiva H. 2012 Potassium supplying capacity of soils from Minas Gerais-Brazil, *Spanish Journal of Soil Science*. **Vol Num pags**
- Havlin J., J. Beaton, S. Tisdale, W. Nelson, 2013. *Soil fertility and fertilizers*, 8edition Pearson Education Inc. New



Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C.
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
“Suelos sin fronteras para impulsar a México”



- Henríquez Carlos, Killorn R., Bertsch F., Sancho F., 2005 La Geostatística en el estudio de la variación espacial de la fertilidad del suelo mediante el uso del interpolador Kriging, *Agronomía Costarricense* 29(2): 73-81.
- Lagarda, M. A. 1998. Tecnología Integral para la Producción de Nuez en la Comarca Lagunera. Memoria del 6° Simposium Internacional Nogalero, NOGATEC 1998, Torreón, Coahuila. México, Pág. 4-12.
- Lillesand T., Ralph W. K., Jonathan C., (2008). *Remote Sensing and Image Interpretation*, 6th Edition, John Wiley & Sons, Inc. USA.
- Maltese, A.; Cammalleri, C.; Capodici, C.; Ciraolo, G.; Colletti, F.; La Loggia, G.; Santangelo, T. 2011. Comparing Actual Evapotranspiration and Plant Water Potential on a Vineyard. In *Proceedings of the SPIE Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology Conference*, Prague, Czech Republic.
- Rodríguez F. F. J., Pereda S. M. E. 2012, La dinámica espacial de los ecosistemas del estado de Durango, *Ra Ximhai*. 8(2): 93-98.
- Silva Rossi M.M., Rollán A.A.C. & Bachmeier O. A. 2013 Phosphorus availability in the central area of the Argentine Pampean region. 1: Relationship between soil parameters, adsorption processes and wheat, soybean and corn yields in different soil and management environments, *Spanish Journal of Soil Science*. [Vol, Num, pags?](#)





ANÁLISIS ESPACIAL DE VARIABLES EDAFOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS PARA LA SELECCIÓN DE CULTIVO

Rodríguez-Reynoso, A.¹; Jurado-Zaragoza, L.¹; Rivera-Oloño, D.¹; Martínez-Rosales, A.^{2*}.

¹Fac. de Zootecnia y Ecología, Alumno de Licenciatura. Univ. Aut. de Chihuahua. Chih., México. CP 33820.

²Fac. de Zootecnia y Ecología, Profesor-Investigador. Univ. Aut. de Chihuahua, Chih., México. CP 33820.

*Autor responsable: antrex@live.com; Calle Constitución 1602, Col. Obrera, Chihuahua, Chih., México. CP 31350; Tel. +52(614)-178-7456

Resumen

El suelo es la base para el establecimiento de cualquier proyecto agrícola. Las variables a analizar para la selección del cultivo a introducir son: la conductividad eléctrica, el potencial de hidrógeno y el clima. El objetivo del estudio fue realizar un muestro sistemático y un análisis espacial de las variables para determinar el tipo cultivo a introducir. El muestreo sistemático y el análisis espacial demostraron que al analizar estas variables edafológicas y conociendo las condiciones climáticas, se puede seleccionar con mayor certeza el cultivo para una extensión específica, beneficiando el uso sustentable de los recursos disponibles en el predio.

Palabras clave

Análisis espacial; muestreo sistemático

Introducción

El suelo es la base para el establecimiento de cualquier proyecto agrícola, para realizar un buen diagnóstico de la fertilidad de un lote es necesario contar con información confiable (Havlin 2013), razón por la cual se debe partir de un adecuado muestreo de suelo y es de interés agrícola para estimar y predecir los cambios generados por la dinámica del suelo (Smith 1998). Variables edafológicas determinantes para la selección del cultivo a introducir son la conductividad eléctrica (CE) y el potencial de hidrógeno (pH), además de las variables climáticas. El objetivo del estudio fue realizar un muestro sistemático y un análisis espacial del suelo para determinar el tipo de cultivo a introducir.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El área de estudio es un predio en “La Selva” de 1.5 ha en el rancho Teseachi de la Facultad de Zootecnia y Ecología, el rancho se ubica a 210 km al noroeste de la capital del Estado, cuenta con una superficie aproximada de 12,000 ha, en donde se encuentran representados varios tipos de vegetación típicos del norte de México: Pastizal mediano abierto, pastizal amacollado arbofrutescente, chaparral de encino, bosque de pino piñonero-encino y bosque templado. Con un clima templado y precipitación total anual es de 767.43 mm con un promedio de 86 días de lluvia al año (Rzedowski, 1981).



Análisis y procesamiento de datos

Se tomaron 15 muestras de suelo a una profundidad de 0 a 30 y de 30 a 60 cm, se tamizaron en criba número 10, se guardaron en bolsas y se etiquetaron, después se tomaron 100 g de cada muestra y se mezcló con medio litro de agua destilada, posteriormente con un potenciómetro marca hanna Hi 98129 se midió el pH y la conductividad eléctrica, se trasladaron las muestras al laboratorio de variables ambientales de la Facultad de Zootecnia y Ecología para determinar la textura. Para el análisis de textura se utilizó la técnica del hidrómetro, en el laboratorio se pesaron 50 g de suelo, se colocaron en un vaso mezclador junto con 100 mL de calgon y se aforó con agua destilada hasta 2 pulgadas debajo del borde del vaso, se colocó en un homogenizador por 10 min, después se vació en una probeta donde se aforó a un litro, se tapó la parte superior de la probeta y se le dio 4 vueltas de campana, se dejó reposar 40 segundos, se tomó la lectura de temperatura con un termómetro y el porcentaje de arena con el hidrómetro, se dejó reposar por 2 horas para tomar la lectura del porcentaje de arcilla y la temperatura, la lectura de temperatura se multiplicó por un factor de corrección establecido en la técnica, el porcentaje de limo se obtuvo por diferencia.

Resultados y Discusión

En las muestras de 0 a 30 cm en promedio el pH fue de 6.4 y la CE de 34.5 μs según el modelo de la Figura 1, en la muestra de 30 a 60 cm el pH fue de 6.4 y la CE de 30.7 μs , en promedio (Figura 2). Después del análisis de textura que se muestra en las tablas 1 y 2, se encontró que en promedio es Franco, con un porcentaje mayor de Franco arcilloso y menor de Franco limoso, color oscuro, presencia de materia orgánica, humedad y óxido de hierro en la zona centro-sur.

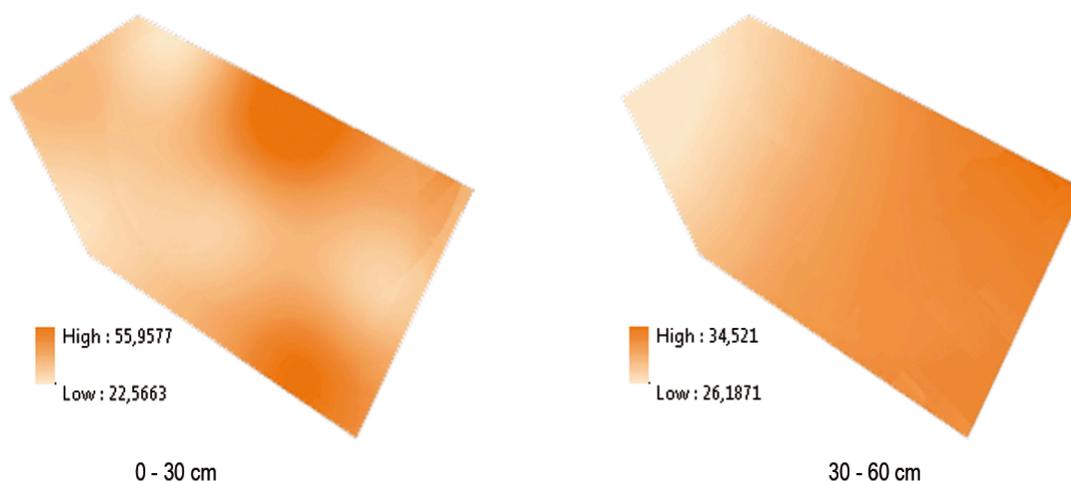


Figura 1. Distribución espacial de la C.E.



Tabla 1. Muestras de 0 a 30 cm

MUESTRA	X	Y	pH	C.E. (µs)	Textura
A1-30	260421	3199070	7.33	34	Franco - Limoso
A2-30	261534	3187144	6.59	35	Franco - Limoso
A3-30	261513	3187156	6.58	41	Franco-Arcilloso-Arenoso
A4-30	261491	3187173	6.32	55	Franco-Arcilloso-Limoso
A5-30	261449	3187198	6.63	24	Franco
B1-30	261528	3187100	6.58	28	Franco arcilloso
B2-30	261505	3187103	6.73	33	Franco arcilloso arenoso
B3-30	261449	3187121	6.6	31	Franco arenoso
B4-30	261445	3187158	6.7	31	Franco arcilloso
B5-30	261410	3187185	6.8	33	Franco arenoso
C1-30	261493	3187093	5.95	48	Franco - Limoso
C2-30	261478	3187101	5.84	41	Franco - Limoso
C3-30	261459	3187110	5.86	34	Franco - Limoso
C4-30	261437	3187127	6.04	28	Franco - Limoso
C5-30	261410	3187148	6.08	25	Franco - Limoso
C6-30	261402	3187174	6.08	32	Franco

Tabla 2. Muestras de 30 a 60 cm

MUESTRA	X	Y	pH	C.E. (µs)
A1-60	260421	3199070	6.91	26
A2-60	261534	3187144	6.74	40
A3-60	261513	3187156	6.65	30
A4-60	261491	3187173	6.45	38
A5-60	261449	3187198	6.87	26
B1-60	261528	3187100	6.63	28
B2-60	261505	3187103	6.8	30
B3-60	261449	3187121	6.75	28
B4-60	261445	3187158	6.6	36
B5-60	261410	3187185	6.91	26
C1-60	261493	3187093	5.78	34
C2-60	261478	3187101	5.85	34
C3-60	261459	3187110	5.95	36
C4-60	261437	3187127	6.08	29
C5-60	261410	3187148	6.12	28
C6-60	261402	3187174	6.17	23

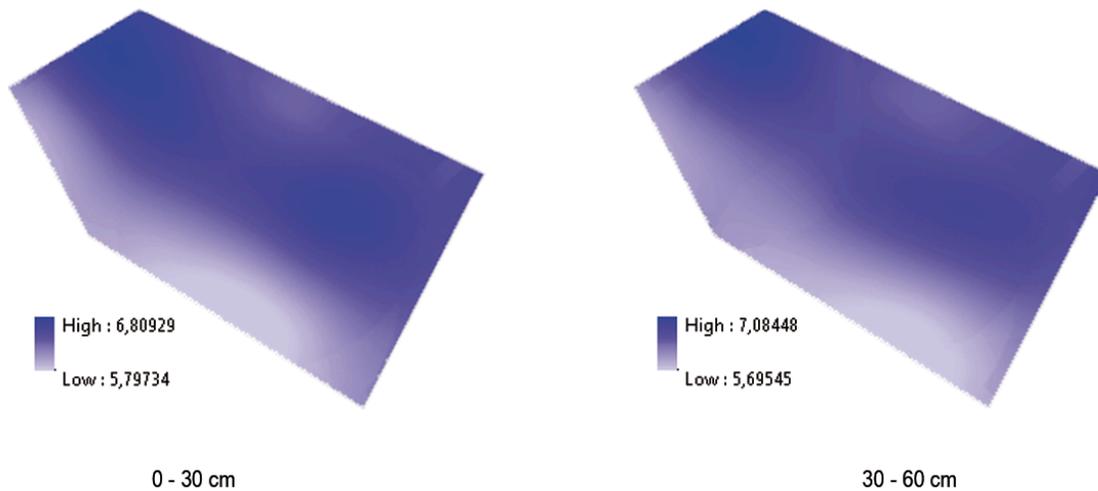


Figura 2. Distribución espacial del pH

Conclusiones

El muestreo sistemático y el análisis espacial demostraron ser una herramienta potente para analizar las variables edafológicas; y conociendo las condiciones climáticas, se puede seleccionar con mayor certeza el cultivo para una extensión específica, beneficiando el uso sustentable de los recursos disponibles en el predio.



Recomendaciones

Se recomienda introducir variedades de Cereso (*Prunus avium*), Arándano (*Vaccinium myrtillus*) y Frambuesa (*Rubus idaeus*), ya que tienen una capacidad de mejor adaptación que otros cultivos, sus requerimientos edafológicos son adecuados y el clima templado de la región es óptimo, además, su mantenimiento puede ser orgánico y sustentable.

Bibliografía

- Havlin J., J. Beaton, S. Tisdale and W. Nelson. 2013. Soil fertility and fertilizers, 8th edition Pearson Education Inc. New Jersey USA.
- Rzedowski, J., 1981. Vegetación de México. Editorial LIMUSA México 505 p.
- Smith R., A. Ellies, 1998. Modelación de la distribución de la presión vertical generada por tráfico de maquinaria en el perfil del suelo. Agricultura Técnica, Vol. 58 Núm. 4, Chile.





ANÁLISIS EDAFOLÓGICO EN LA PRODUCTIVIDAD DE CHILE PIQUÍN SILVESTRE EN EL NORESTE DE MÉXICO

*Medina Martínez T¹., Osuna Ávila P.², Mora Olivo A.¹, Villalón Mendoza H.³, Sánchez Ramos G¹.

¹Instituto de Ecología Aplicada-UAT, Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

²Instituto de Ciencias Biomédicas- UACJ, Cd. Juárez, Chihuahua, México.

³Facultad de Ciencias Forestales-UANL, Carret. Victoria-Monterrey, Km. 145, Linares N.L., México.

*Autor responsable: tmedina@uat.edu.mx; Calle: Av. División del Golfo Núm. 356, Col. Libertad, Cd. Victoria, Tamaulipas. País. México, CP 87020; Tel. (834)-3181800 Ext. 1612

Resumen

El Noreste de México donde se ubica el presente estudio se enmarca dentro de zonas áridas y semiáridas. Según Rzedowski (1978) menciona que existen 80 millones de hectáreas con matorral del cual, el 40% se clasifica como vegetación xerófila. De este mosaico vegetal 18 millones de hectáreas se localizan en el noreste de México en los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas (S.A.G., 1976). El chile piquín silvestre, como componente del matorral Tamaulipeco del noreste de México, es una planta anual que crece y se desarrolla de manera continua en zonas tropicales. Para el análisis se procedió a la identificación del punto de asociación de este recurso con suelo, Se tomaron muestras de suelo de cada sitio de muestreo. Para el contraste y cotejo de la información del GPS y para ubicar los puntos en cartas topográficas de uso actual del suelo y vegetación se utilizó la cartografía editada por el INEGI. En términos generales, los tipos de suelos localizados en poco más del 50% fue del tipo Vertisol, 20% Rendzina, 10% Castañozem, 5% Litosol, 5% Regosol, 3% Luvisol, 4% Cambisol, 1% Xerosol y 2% Feozem. La mayor cantidad y abundancia de poblaciones naturales de chile piquín silvestre se encuentran en suelos Vertisoles y Rendzina. Las pendientes menores al 2% se consideraron favorables para su desarrollo. Responde positivamente a suelos con textura migajón-arcillosa, con pH de 7 a 8, con conductividades eléctricas que varían entre 0 y 1, y altos contenidos de materia orgánica entre 1 y 6%, y altos contenidos y disponibilidad de N, P y K.

Palabras clave: Edafología, Productividad, Chile piquín

Introducción

El Territorio Mexicano presenta toda una serie de contrastes en cuanto a ecosistemas se refiere. Por ejemplo, el Noreste de México donde se ubica el presente estudio se enmarca dentro del contexto de zonas áridas y semiáridas. En México se estima que el 80% del territorio presenta algún grado de desertificación y cada año se suman otras 600 mil hectáreas. El 10% de la superficie que cuenta con riego para la producción agrícola está afectada por una alta acumulación de sales (Carabias, 1997). Por otro lado, según (Rzedowski, 1978), menciona que existen 80 millones de hectáreas con matorral del cual, el 40% se clasifica como vegetación xerófila. De este mosaico vegetal se estima que 18 millones de hectáreas se localizan en el noreste de México en los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas (S.A.G., 1976). El



chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *aviculare*), como componente del matorral Tamaulipeco del noreste de México, es una planta anual que crece y se desarrolla de manera continua en zonas tropicales. La especie *annuum*, es la que más se conoce y la importancia radica en que comprende a la mayoría de los chiles domesticados. Existen en la actualidad una gran diversidad de formas, tamaños y colores de los frutos de esta especie; el grupo incluye tanto a los chiles dulces como a los muy picantes como es el caso del chile piquín. Todos los chiles cultivados en México pertenecen a la especie *annuum* y a su vez, es el grupo de mayor importancia económica en el mundo y de distribución geográfica más amplia. El problema para desarrollar las regiones áridas y semiáridas y coadyuvar a un mejor bienestar de las personas que ahí habitan, es de gran magnitud y complejidad; magnitud en términos de la extensa superficie afectada y complejidad en cuanto que el desarrollo no puede dissociarse de factores sociales, ecológicos, tecnológicos y económicos (Medina, *et al.*, 2002). Con referencia al aspecto económico, la baja productividad de las zonas áridas y semiáridas incluyendo el suelo y su fisiografía, son provocados por la escasez e irregularidad de las precipitaciones. Esto, ha tendido a desalentar la inversión y el desarrollo de insumos científicos para conservar e intensificar la productividad de estas zonas. Aunque el argumento para dar prioridad a la asignación de fondos de desarrollo a las regiones más productivas puede parecer justificado aplicando criterios de “rentabilidad”, tales políticas en los casos en que se han adoptado, han puesto en movimiento un círculo vicioso. La falta de inversiones suficientes (financieras y tecnológicas) ocasiona en las zonas de bajas precipitaciones un manejo regresivo y una economía anémica subsidiada mediante el despilfarro de los recursos naturales. Esta acción distorsionante, ha impedido a estas regiones y a sus pobladores aportar una contribución mayor al proceso general de desarrollo socioeconómico y beneficiarse del mismo. El objetivo del trabajo es realizar un análisis edafológico para la productividad de chile piquín silvestre en el noreste de México.

Materiales y Métodos

En la Figura 1, se localiza el área de estudio piloto. Los municipios de Victoria, Güemez, Hidalgo, Villagrán y Mainero y una parte del suroeste del municipio de San Carlos, corresponden al Estado de Tamaulipas. Los municipios de Linares, Hualahuises y Montemorelos, son localizados en la parte sureste del Estado de Nuevo León. Las coordenadas geográficas del área son 23° 43' 00" y 26° 22' 30" de latitud norte con 99° 00' 00" y 100° 06' 35" de longitud oeste, con una altitud promedio que varía de los 210 a los 475 msnm.



Figura No. 1. Localización de la zona de estudio. Noreste de México, 2013.



La mayoría de los sitios bajo estudio presentan características históricas muy similares y una fisonomía, en cuanto al paisaje y recursos naturales se refiere. La presencia del mosaico vegetal denominado matorral espinoso tamaulipeco y asociado a su diversidad biológica es el componente chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *aviculare*). Para determinar los posibles nexos del chile piquín regional con vegetación natural, fauna mayor y menor asociada, microorganismos, se procedió a la identificación del punto de asociación con este recurso. Para ello se realizaron recorridos generales y específicos. Se tomaron muestras de suelo de cada sitio de muestreo. Para el contraste y cotejo de la información del GPS y para ubicar los puntos en cartas topográficas de uso actual del suelo y vegetación se usó la cartografía editada por el INEGI.

En cada sitio de muestreo se anotaron las siguientes observaciones sobre rasgos físicos de los sitios.

- 1) Altitud sobre el nivel del mar
- 2) Estimación cuantitativa de la pendiente
- 3) Orientación de la ladera
- 4) Estimación visual de la pedregosidad y afloramiento de la roca madre.
- 5) Grado aparente de perturbación y probable causa.

Adicionalmente, se toman en cada sitio muestras de suelo de tipo compuesto, constituidas cada una por submuestras elegidas al azar. Las muestras fueron sometidas a las siguientes determinaciones:

- Textura
- Contenido de materia orgánica
- pH
- Conductividad eléctrica (C.E.)
- Contenido de Nitrógeno (N)
- Contenido de Fósforo (P)
- Contenido de Potasio (K)
- Contenido de Magnesio (Mg)
- Contenido de Calcio (Ca)

Resultados y Discusión

Los tipos de suelos predominantes en la zona de estudio que se encuentran en las partes altas de la sierra son los cafés forestales o podzólicos, comprendiendo los suelos complejos de montaña con pendientes en algunos casos de hasta 25%. Los suelos castaños (chestnut) presentan muy poca vegetación, por ser resultado de un proceso de intemperización de la roca madre, presentando una humedad deficiente, y los cuales se localizan en climas secos con vegetación natural de estepa principalmente. Por otro lado, los suelos que dominan se localizan en valles o vegas, son profundos, con texturas de finas a gruesas identificados como franco-arenosos (claros) con cierta deficiencia de drenaje. Como consecuencia de la presencia de arcillas (oscuros) estos presentan en términos generales acumulación de agua, un pH entre 8.8 y 7.9, conductividad eléctrica de 0.66 mmhos/cm. En general, en la Figura 2, se presentan los suelos característicos de esta zona correspondiendo a un típico vertisol, de origen aluvio-coluvial, profundos y de color oscuro. Estos se caracterizan por un alto contenido de arcilla y relativamente bajo en el contenido de nutrientes principales. Ellos presentan deficiencias sobre todo en fósforo y nitrógeno, aun cuando están presentes en cantidades importantes no se



encuentran disponibles a los requerimientos de los diversos cultivares que ahí se producen. Hay que destacar la presencia del tipo de suelo rendzina que cubre una parte muy importante de la zona de estudio en donde se encuentran ubicadas diversas unidades de riego con una superficie aproximada a las 30,000 ha. Aquí, se desarrolla el cultivo de cítricos como la naranja valencia, navel, limón italiano, persa, mandarina, entre otros. En este contexto, resulta conveniente afirmar que es posible implementar modelos de sistemas agroforestales para la producción de chile piquín entre las huertas de cítricos como un componente más y la obtención de ingresos adicionales.

La presencia de Litosol en las partes altas de la Sierra Madre Oriental se localizan poblaciones naturales de chile piquín silvestre con una densidad menor en relación a las partes bajas y en los valles. Otro de los resultados importantes es en relación a que dependiendo del tipo de suelo se observan cambios en la morfología del chile piquín silvestre en alturas, coberturas, forma del fruto y grado de picor. De tal forma que resulta necesario profundizar en el estudio ya que existe la posibilidad de la presencia de uno o dos ecotipos en la zona de estudio debido al factor suelo.

En términos generales, dentro de los factores abióticos, los tipos de suelos localizados en el área de estudio están representados en poco más del 50% del tipo Vertisol, 20% Rendzina, 10% Castañozem, 5% Litosol, 5% Regosol, 3% Luvisol, 4% Cambisol, 1% Xerosol y 2% Feozem. En base a lo anterior, y como consecuencia del análisis edafológico de la zona de estudio se definen áreas potenciales para el estado de Tamaulipas para producción de chile piquín silvestre bajo las condicionantes que se muestren en la Figura 3. Cabe señalar que el chile piquín de origen silvestre y especie forestal no maderable puede manejarse como un cultivo alternativo bajo sistemas agroforestales siempre y cuando pase por el proceso de domesticación. Se ha observado que su comportamiento es muy local en cuanto a condiciones ecológicas. Es decir que el comportamiento observado en una zona es diferente a otra en donde se pretenda establecer principalmente en términos de productividad. El problema a solucionar por la ciencia es domesticar a esta especie cuya productividad y picor satisfaga la gran demanda en el mercado cada vez más creciente tanto a nivel nacional como internacional (Villalón y Medina, 2011).

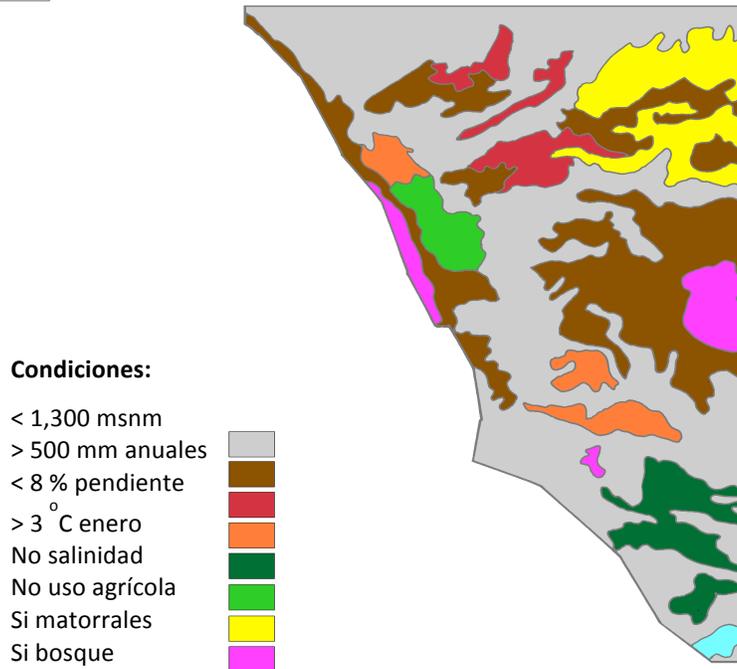


Figura 2. Tipos de suelo en la zona de estudio, Noreste de México, 2013.

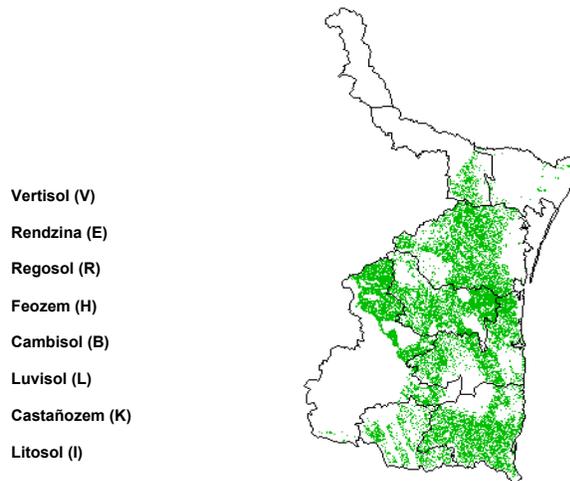


Figura 3. Uso potencial del suelo para producción de chile piquín en Tamaulipas, 2013

Conclusiones

La mayor cantidad y abundancia de poblaciones naturales de chile piquín silvestre se encuentran en suelos Vertisoles y Rendzina. El chile piquín silvestre, responde positivamente a pendientes menores al 2%. Los suelos con textura migajón-arcillosa, con pH de 7 a 8, con conductividades eléctricas que varían entre 0 y 1, y altos contenidos de materia orgánica entre 1 y 6%, y altos contenidos y disponibilidad de N, P y K, también tienen una influencia positiva en el desarrollo del chile piquín en la región del noroeste de Tamaulipas.



Agradecimientos

Se agradece al CONACYT por el apoyo otorgado al proyecto CONACYT-SIREYES No. 2000606010. A la CA-UAT-85 por el apoyo para dar seguimiento a los trabajos relativos al chile piquín silvestre. Al Dr. Pedro Osuna Ávila de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez e integrantes del CA que se han vinculado en trabajos sobre el chiltepín. Al Dr. Horacio Villalón Mendoza de la Facultad de Ciencias Forestales de la UANL en la dirección de experimentos de campo. Al personal técnico del IEA-UAT y de la FCF-UANL.

Bibliografía

- Carabias, L.J., 1977. El desarrollo sustentable, Una alternativa de Política Institucional. SEMARNAP, 2ª. Ed. México, D.F., 77 p.
- Medina M.T., Villalón M.H., Lara V.M., Trejo H.L., Gaona G.G., Cardona E.A., 2000. Estudio poblacional y manejo agroforestal del chile piquín (*Capsicum annuum* L.) en el noreste de México. Informe de Proyecto No. 950406111. CONACYT-SIREYES-UAT.
- Rzedowski, J. 1978. vegetación de México. Ed. Limusa, Mex., 431 p.
- SAG, 1976. Cartografía sinóptica. Vegetación y Uso del Suelo. Esc. 1:50 000 derivada de Landsatimagenes 1 y 2 de 1973-1975. Secretaría de Agricultura y Ganadería, México, D.F.
- Villalón M.H., Medina M.T., 2011. El manejo agroforestal como estrategia de producción económica y ecológicamente sustentable. Libro: Economía en el manejo sustentable de los recursos naturales. Fac. de Ciencias Forestales, 2011, 139 pág.





EFECTO DEL CADMIO EN *Schoenoplectuspungens* Y SU CAPACIDAD DE REMOCIÓN EN AGUA

Mendez-Hurtado, C.A.^{1*}; Flores-Tavizón, E.¹; Flores-Margez, J.P.²; Solís, S.¹; Yañez-Esponisa L.³

¹Instituto de Ingeniería y Tecnología IIT. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez UACJ. Ciudad Juárez Chihuahua México

²Instituto de Ciencias Biomédicas ICB. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez UACJ. Ciudad Juárez Chihuahua México

³Instituto de Investigación de Zonas Desérticas. Universidad Autónoma de San Luis Potosí UASLP. San Luis Potosí San Luis Potosí México

*Autor responsable: Carmen Alejandra MendezHurtado carmen.mendez@uacj.mx; Calle Av. del Charro No. 450 norte C.P. 32310 Tel 01(52)656688-4800

Resumen

A causa de actividades como la minería, industria, uso de combustibles fósiles o desechos domésticos, aplicación de abonos de fosfato e incineración de basura, el cadmio (Cd) pasa a la atmósfera, siendo capaz de viajar grandes distancias para posteriormente depositarse en el suelo o el agua. La presencia de concentraciones elevadas de Cd en el ambiente genera efectos negativos en el metabolismo de las plantas, afectando su viabilidad puesto a que se alteran mecanismos como: generación de especies reactivas de oxígeno y el bloqueo de grupos funcionales esenciales en biomoléculas. *Schoenoplectuspungens* es una especie que es utilizada para la estabilización o recuperación de áreas contaminadas con metales, sus raíces crecen fácilmente en presencia de abundante agua por lo que es una excelente opción para la estabilización del suelo en los humedales y sitios ribereños. Cumple con las características necesarias para emplearse en técnicas de hidroponía ya que crece fácilmente sin necesidad de suelo y es tolerante a pH ácidos. Se determinará la capacidad de remoción de Cd en solución hidropónica a concentraciones de 0.2, 0.5, 1.0, 3.0 y 5.0 ppm por la especie *Schoenoplectuspungens*, así como también el daño causado por el metal a su estructura vegetal, contenido de clorofila y grupos funcionales presentes. La remoción de Cd por parte de la planta es efectiva. El Cd disminuyó notoriamente su concentración en agua y fue acumulado en planta.

Palabras clave

Cadmio; hidroponía; Remoción

Introducción

El cadmio (Cd) es un metal pesado, poco abundante de manera natural en la corteza terrestre, sin embargo en las últimas décadas ha aumentado considerablemente su concentración, a consecuencia de la actividad minera e industrial, ya que el cadmio es considerado como un subproducto de la minería, fundición y refinamiento del zinc y en menor grado de la del plomo y cobre (Rodríguez-Serrano et al 2008).



Debido a fuentes como la minería, industria, la combustión de combustibles fósiles o desechos domésticos, aplicación de abonos de fosfato e incineración de basura el Cd pasa a la atmósfera, siendo capaz de viajar grandes distancias para posteriormente depositarse en el suelo o el agua (ATSDR, 2012)

En el aire se encuentra como óxido, cloruro o sulfato en forma de partículas o vapores proveniente de procesos de alta temperatura. Asimismo pueden movilizarse a través del suelo, pero su movilidad depende de varios factores tales como el pH y la cantidad de materia orgánica, los que varían según el ambiente local. Generalmente, el Cd se adhiere fuertemente a la materia orgánica en la cual permanece inmóvil en el suelo y puede ser incorporado por plantas, entrando así a la cadena alimentaria. El Cd presente en agua existe en forma de ión hidratado o como complejo iónico asociado a otras sustancias inorgánicas u orgánicas. Las formas solubles se movilizan en el agua y las formas insolubles son inmóviles y se depositarán en el sedimento donde serán adsorbidas (ATSDR, 2012; Tejada 2010).

Actualmente, la presencia de concentraciones elevadas de Cd en el ambiente genera efectos negativos en el metabolismo de las plantas, afectando principalmente su viabilidad debido a que se alteran mecanismos como: generación de especies reactivas de oxígeno, bloqueo de grupos funcionales esenciales en biomoléculas. El Cd como miembro de la clase B de metales en transición, tiene gran afinidad por los grupos COOH, OH, NH₂, SH, indol e iminazol principalmente (Anfinsen *et al.*, 1991; PolleySchutzendubel, 2003).

La reducción en el crecimiento de la radícula en plántulas y de la longitud de las raíces en plantas adultas (Ferjani, 2005; Pomponiet *al.*, 2006; Méndez 2010, Liuet *al.*, 2013), así como la inhibición de la apertura estomática (Barcelo *et al.*, 1986), fotosíntesis (Pietriniet *al.*, 2003; Drazkiewicz *et al.*, 2003) y la síntesis de la clorofila (Drazic y Mihailovic, 2005, Quinet *al.*, 2013), también se ha reportado la inhibición de la germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico (Xiong y Peng, 2001), disminución del contenido de carotenoides (Raí *et al.*, 2005) y de la tasa de transpiración (Xiong y Peng, 2001, Liuet *al.*, 2013), aceleración de la senescencia celular (Di Toppi y Gabbrielli, 1999; Benavides *et al.*, 2005; Méndez-Hurtado *et al.*, 2013), clorosis (Prasad, 2003; Méndez 2010, Liuet *al.*, 2013; Quinet *al.*, 2013). Además de la interferencia con la toma, transporte y uso de varios micronutrientes como el Fe, Mn y Zn (Di Toppi y Gabbrielli, 1999; Liuet *al.*, 2013), y polimorfismo en el ADN (Liuet *al.*, 2005).

Schoenoplectuspungens es una especie que se ha utilizado para la estabilización o recuperación de áreas alteradas o degradadas, aunado a esto, las raíces crecen fácilmente en presencia de abundante agua por lo que es una excelente opción para la estabilización del suelo en los humedales y sitios ribereños. Además cumple con las características necesarias para ser empleada en las técnicas de hidroponía, debido a que es una planta que crece fácilmente sin necesidad de suelo además de ser tolerante a pH ácidos. (Canché, 2012). Determinará el daño causado por el Cd a la especie *Schoenoplectuspungens* la estructura vegetal, clorofila y por medio de FTIR demostrar que el Cd fue enlazado a grupos funcionales los cuales tratan de mitigar el estrés causado por dicho metal, además de su capacidad de remoción del Cd (Mendez-Hurtado *et al.*, 2013; Parsonet *al.*, 2013). Persiguiendo los siguientes objetivos: 1) Determinar la disminución de grupos funcionales presentes en las células de la especie *Schoenoplectuspungens* utilizando FTIR. 2.) Evaluar el daño fisiológico causado por el Cd a la especie. 3) determinar la remoción del Cd por parte de la especie. 4) Evaluar el contenido de clorofila.



Materiales y Métodos

Los especímenes de *Schoenoplectuspugens* se colocaron en tratamientos de hidroponía (técnica para crecer en soluciones acuosas). Las raíces se sumergen en una solución nutritiva de Hoagland aireada (Meraz, 2010), se les agregó solución de Cd para la experimentación. Se realizaron los experimentos con cinco diferentes concentraciones de Cd (0, 0.2, 0.5, 1, 3 y 5 ppm), concentraciones encontradas en ambientes naturales, además de ser los límites permisibles establecidos por SEMARNAT y EPA (SEMARNAT-NOM-127, 03, Razo 2006) Después del proceso de hidroponía las plantas se cosecharon y se secaron para poder realizar el análisis fisiológico, donde se tomó el peso, longitud de radícula ya que indica la capacidad de crecer y desarrollarse, así como la capacidad para establecerse como planta y prosperar ante el estrés sometido (Collet *al.*, 1995). Además se obtuvieron fragmentos de hojas al inicio, a mitad del experimento y al final de este, con el propósito de monitorear como iba disminuyendo la clorofila. Se pesaron 0.5gr de materia vegetal fresca y se trituraron en un mortero adicionando 2 ml de acetona al 80% a fin de extraer el total de la clorofila. Se analizó mediante Espectroscopia UV-Visible a 645, 652 y 663nm. Para obtener la cantidad de clorofila total por gramo de la muestra se emplearon las siguientes ecuaciones.

- 1) Clorofila total (mg/L) = $27.8 \cdot A_{652nm}$
- 2) mg clorofila = vol. aforo(L) * clorofila total (mg/L) / 1L
- 3) mg clorofila/g muestra = mg clorofila * 1g muestra / g muestra

Asimismo se determinó la presencia de grupos funcionales mediante la espectroscopia de infrarrojo de Transformada de Fourier (FTIR) ThermoNicolet 6700, con el empleo de un cristal de seleniuro de zinc. Se realizaron escaneos de 1/32 por segundo tanto en la técnica IR y ATR, para poder identificar los diferentes compuestos orgánicos que la especie *Schoenoplectuspungens* posee, como carboxilos, aminas, amidas, aldehídos, grupos azufrados, etc., con los cuales el Cd pudiese interactuar ligándose a su estructura y facilitando la entrada a la planta. Lo anterior debido a que se ha reportado que el Cd tiene una alta afinidad por el grupo sulfhidrido, así como por grupos aminos (Parsonet *al.*, 2013).

Para cuantificar la capacidad de remoción de Cd por parte de la especie, se cosecharon las plántulas y se analizaron químicamente. Después se procedió a secar las plantas a 45°C durante 48 horas. Se colocaron 0.5 g de la parte de la planta en estudio (tallo, raíz, hojas) en frascos de HDPT para poder realizar las digestiones en microondas (CEM MARS XPRESS), este procedimiento se realizará por triplicado. Y se procedió a realizarse digestión ácida. Al término de las digestiones ácidas, los productos serán analizados en el espectrofotómetro de absorción atómica, obteniendo las concentraciones de Cd en plántulas.

Para cuantificar la remoción de Cd en agua, se realizó lo siguiente, una vez establecido el tratamiento de hidroponía, el cual duro un periodo de 15 días, se procedió a recolectar muestras de agua. La toma de muestras fue de la siguiente manera: durante los primeros 5 días se tomó diario 50 ml de solución hidropónica y después solo se tomó muestra en los días 7, 9, 11, 13 y 15. Después de haber tomado las muestras de agua, se quitaron los sólidos adheridos en el envase para tener una muestra limpia de residuos. Después se tomaron 50ml de cada una de las muestras y fueron colocadas en vasos de precipitado de 250ml. Posteriormente se les colocó 3ml de ácido nítrico HNO³ grado reactivo Fisher. Inmediatamente se colocaron en parrilla de calentamiento Thermolintype 2200 a 65°C, cuidando que la



temperatura no subiera para evitar la pérdida del metal. A los vasos de precipitado se les colocó vidrio de reloj con agua encima para evitar la evaporación y mejorar la digestión. Bajo estas condiciones se mantuvo por 2 horas y después se le agregaron 5ml más de HNO_3 durante 5 horas más.

Resultados y Discusión

En el cuadro 1 se muestra la relación de peso fresco, altura y elongación de la raíz en los diferentes tratamientos de hidroponía. Se observan los datos al inicio y final del experimento. Donde se puede decir que las concentraciones más letales para la especie fueron la de 3 y 5ppm de Cd, ya que en ambas concentraciones la especie *Schoenoplectuspungens* no se desarrolló adecuadamente, a comparación al control.

Cuadro 1. Efectos del cadmio en el desarrollo fisiológico de la especie *Schoenoplectuspungens*. Se muestran los datos al inicio y al final de experimento en sus respectivas concentraciones y variables fisiológicas.

	0 días						15 días					
	0	0.2	0.5	1	3	5	0	0.2	0.5	1	3	5
Concentraciones de cadmio (ppm)												
altura promedio de la planta(cm)	68	69	71	70	70	69	83	78	76	73	70	70
Peso promedio(gr)	203	205	204	200	204	206	456	389	380	259	216	187
Elongación promedio de Raíz (cm)	6	6	7	6	7	6	15	13	12	10.5	9	7

La concentración de Cd en agua fue disminuyendo conforme avanzaron los días, de tal manera que las concentraciones más pequeñas fueron removidas en su totalidad, mientras que en las concentraciones de 3 y 5ppm disminuyeron su concentración de tal manera que el Cd ya no tendría efectos tóxicos en la planta y estaban en los límites permisibles. La determinación de la concentración de clorofila se realizó en hojas de *Schoenoplectuspungens*. Los análisis de clorofila se extendieron sobre los 15 días del tratamiento experimental. Se apreció que el efecto tóxico del Cd a los que se encontraban expuestas la especie *Schoenoplectuspungens*, se pudo determinar por una disminución clara de la concentración de la clorofila a los 7 y 15 días. El daño más drástico en las plantas al inicio de la experimentación fue en las concentraciones más altas de 3 y 5 ppm. En los análisis de Espectroscopia de Infrarrojo por Transformadas de Fourier (FTIR) en hoja/tallo, se observó la aparición de grupos funcionales como aminas y grupos sulfurado, el cual muestra que a medida que aumenta las concentraciones la intensidad de los picos va disminuyendo, pudiendo observarse que en la concentración 5 ppm de Cd los picos se disminuyen drásticamente. Además en los FTIR de raíz se puede observar los grupos funcionales característicos presentes en la raíz, mostrando una notoria disminución de estos a medida que las concentraciones aumentaban. Los picos en la concentración 5 ppm de Cd se observa claramente la disminución de los picos del grupo amina a comparación del tratamiento control que se observan todos los grupos funcionales bien definidos.



Conclusiones

En este estudio hasta el momento se han obtenido resultados que denotan que la presencia del Cd está afectando a la especie de *Schoenoplectuspungens* aun así sean concentraciones bajas como 0.2, 0.5 y altas como 1, 3 y 5 ppm, debido a que se muestra claramente los síntomas característicos por intoxicación de Cd en plantas. La concentración más tóxica fue la de 5 ppm, debido a que fue la que causó el mayor daño en la planta, además de tener mucho menor número de estolones en raíz debido a que la raíz se estaba necrotizando. La disminución de la clorofila en la planta se debe a que el Cd sustituye el magnesio (Mg) en la estructura de la clorofila, por lo que pierde su coloración verde y va descolorando el área. Este síntoma fue más notorio en las concentraciones 1, 3 y 5 ppm, siendo 5 ppm la concentración más tóxica. Asimismo la elongación de la raíz fue más notorio en concentraciones bajas como 0.2 y 0.5 como para el control y esto es debido a que estas concentraciones, de acuerdo con la agencia de protección ambiental (EPA por sus siglas en inglés) y la secretaria de medio ambiente y recursos naturales (SEMARNAT), son los límites permisibles y tolerados por los organismos vivos, por esa razón 0.2 y 0.5 fueron menos tóxicas a la planta, sin embargo aun así mostraron síntomas por intoxicación por Cd. En cuanto a la disminución de los grupos funcionales, analizados en FTIR esto se debe principalmente a que cuando el Cd entra a la planta varias moléculas que contienen estos grupos funcionales trata de enlazarlos para mitigar el estrés causado por el metal por lo que se presenta la disminución de estos grupos funcionales.

Agradecimientos

Beca CONACYT-221805, UACJ, a la Dra. Edith Flores, Dra. Laura Yáñez, y al Dr. Juan Pedro Flores Margez.

Bibliografía

- Agency for Toxic Substances & Disease Registry. ToxFAQs for: Cadmium. 2012. <http://www.atsdr.cdc.gov>. ATSDR
- Barceló J., Poschenrieder C., Andreu I. & Gunse B. 1986. Cadmium-induced decrease of water stress resistance in bush bean plants (*Phaseolus vulgaris* L. Contender). I. Effects on water potential, relative water content and cell wall elasticity. *Journal Plant Physiology* 125, 17-25
- Drazic G. & Mihailovic N. 2005. Modification of cadmium toxicity in soybean seedlings by salicylic acid. *Plant Science* 168, 511-517.
- Drazkiewicz M., Tukendorf A. & Baszynski T. 2003. Age-dependent response of maize leaf segments to cadmium treatment: Effect on chlorophyll fluorescence and phytochelatin accumulation. *Journal of Plant Physiology* 160, 247-254.
- Di Toppi L. & Gabbriellini R. 1999. Response to cadmium in higher plants. *Environmental and Experimental Botany* 41, 105- 130.
- Duchenkov V., Kumar N., Motto H., Rakin L. (1995) Rhizofiltration: the use of plants to remove heavy metals from aqueous stream. *Environ. Sci. Technol* 29: 1239-1245
- Liu M., Li P.J., Qi X.M., Zhou Q.X., Zheng L., Sun T.H. & Yang Y.S. 2005. DNA changes in barley (*Hordeum vulgare*) seedlings induced by cadmium pollution using RAPD analysis. *Chemosphere* 61, 158-167.
- Méndez Hurtado C. A. 2010. Efecto de Cd disuelto en agua en la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de *Agave lechuguilla* provenientes de zonas con diferente nivel de contaminación por metales. Tesis de maestría del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT)
- Polle A. & Schützendübel A. 2003. Heavy metal signalling in plants: linking cellular and organismic responses. *Topics in Current Genetics* 4, 187- 214.
- Pomponi M., Censi V., Di Girolamo V., De Paolis A., Di Toppi L., Aromolo R., Costantino P. & Cardarelli M. 2006.



- Overexpression of Arabidopsis phytochelatin synthase in tobacco plants enhances Cd²⁺ tolerance and accumulation but not translocation to the shoot. *Planta* 223, 180-190.
- Quin Q, Wu H, Zhang Y, Feng Q, Tai P. 2013 CHARACTERIZATION OF CADMIUM 108 Cd distribution and accumulation in *Tagetes erecta* L. seedlings: effects of split-root and of remove xylem phloem. *Chemosphere* 93: 2284-2288
- Razo S.I. 2006. Identificación de áreas prioritarias de restauración de suelo contaminado por arsénico y metales pesados en el sitio minero y metalúrgico de Villa de la Paz-Matehuala, SLP (México). Tesis de doctorado en ciencias ambientales del Programa Multidisciplinario en Ciencias Ambientales de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, UASLP.
- Rodríguez-Serrano M., Martínez de la Casa N., Romero Puestas MC., Río Legazpi LA., Sandalio González LM. (2008) Toxicidad del cadmio en plantas. *Ecosistemas* 17, 13-15
- Xiong Z.T. & Peng Y.H. 2001. Response of pollen germination and tube growth to cadmium with special reference to low concentration exposure. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 48, 51-55.
- Zhuang P., McBride M., Xia H., Li N., y Li Z. 2009. Health risk from heavy metals via consumption of food crops in the vicinity of Dabaoshan mine, South China. *Science of the Total Environment*, 407, 1551–1561





EL PROGRAMA GLOBE Y LA EDUCACIÓN EN EDAFOLOGÍA

Mercado-Mancera, G.^{1*}; Granados-Mayorga, A.K.²; Trujillo-Estrada, C.E.²; Maldonado-Salazar, T.N.J.³; Contreras-Ortega, R.³

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

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

³Coordinación del Programa GLOBE, CECADESU-SEMARNAT.

*Autor responsable: gmanmer@yahoo.com.mx; Carretera Cuautitlán-Teoloyucan Km 2.5, Col. San Sebastián Xhala, Cuautitlán Izcalli, México. CP 54714; Tel. +52(556)-23-18-41

Resumen

El Programa GLOBE, permite generar información con carácter científico sobre el estado actual del medio ambiente en el planeta, integrando a los estudiantes y profesores de diversos niveles educativos, puesto que es una herramienta educativa, científica, práctica, que entre sus objetivos está el mejoramiento de los logros de los estudiantes en ciencias y matemáticas; a través de Proyectos de Investigación, que incluyen entre otras áreas la de Suelos. En esta, se realizan determinaciones de variables físicas y químicas del suelo, con el uso de Kid's de medición en campo y laboratorio. México participa desde el año de 1996, cuando se firmó el acuerdo con los Estados Unidos para desarrollar este programa. La SEMARNAT, a través del CECADESU, inició una estrategia de capacitación a lo largo del país y para el año 2001, se diseñó una estrategia de alcance regional, para formar capacitadores. Actualmente se cuenta con 29 Masters Trainers y 105 instructores regionales, de 23 estados del país. Con estos instructores se han realizado 64 talleres, capacitado a 2,033 docentes de diferentes niveles educativos; participan 112 escuelas. A nivel mundial, participan 26,828 escuelas; 58,000 profesores. La Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, participa desde el año de 2001 en el Programa GLOBE, a través de la participación de los alumnos de la carrera de Ingeniería Agrícola, por lo cual el objetivo de este trabajo es el difundir este programa entre la comunidad científica del área y del público asistente al XXXIX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo.

Palabras clave

Programa GLOBE; educación; edafología

Introducción

El Programa GLOBE (Aprendizaje y Observaciones Globales en Beneficio del Medio Ambiente) comenzó el Día de la Tierra de 1995. Desde entonces, 112 países han participado en el Programa. Gracias a los esfuerzos de la comunidad GLOBE en todo el mundo, hay más de 58,000 profesores GLOBE capacitados que representan 26,828 escuelas de todo el mundo. Además, más de 1,5 millones de estudiantes han participado y contribuido con más de 23 millones de mediciones de la base de datos GLOBE para su uso en sus proyectos científicos basados en la investigación.



México participa desde el año de 1996, año en el cual se firma el acuerdo con los Estados Unidos para desarrollar el Programa GLOBE. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través del Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU), inició una estrategia de capacitación a lo largo del país. Desde el año 2001, se establecieron vínculos institucionales con la Secretaría de Educación Pública (SEP) en la mayoría de las entidades federativas del país, con instituciones de educación media superior y superior, así como con organizaciones de la sociedad civil, a efecto de difundir los beneficios educativos del programa y capacitar para poderlo implementar en las escuelas. A partir de entonces, se diseñó una estrategia de capacitación de alcance regional, con el objetivo de formar capacitadores, por lo cual se cuenta con 29 Masters Trainers y 105 instructores regionales, de 23 estados del país. Con este equipo de instructores se han realizado 64 talleres, capacitado a 2,033 docentes de diferentes niveles educativos; participan 112 escuelas, las cuales en conjunto han realizado 214,165 mediciones totales (Maldonado, 2013). La Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES-C) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) se integró desde el año de 2001 al Programa GLOBE, a través de la participación de los alumnos de la carrera de Ingeniería Agrícola; se han ingresado aproximadamente 4,000 mediciones globales a la página web del Programa GLOBE.

- **¿Qué es GLOBE?**: GLOBE es un programa práctico de ciencias del ambiente y educación, de alcance internacional, que une a estudiantes, profesores y a la comunidad científica en un esfuerzo para aprender más acerca del ambiente a través de la observación y recopilación de datos que hacen los estudiantes. La visión de GLOBE promueve y apoya a los estudiantes, profesores y científicos para colaborar en las investigaciones del medio ambiente y el sistema de la Tierra, quienes trabajan en estrecha colaboración con investigadores de la NASA, la NOAA y NSF en el estudio y la investigación sobre la dinámica del medio ambiente.

El Programa GLOBE tiene los siguientes objetivos (GLOBE, 2005): mejorar el conocimiento acerca del ambiente de las personas alrededor del mundo; contribuir a la comprensión científica de la Tierra; ayudar a todos los estudiantes a mejorar sus logros en ciencias y matemáticas.

Los estudiantes de diferentes edades, de escuelas en todo el mundo, conducen un programa continuo de obtención de mediciones ambientales significativas para la ciencia, mismas que transmiten a una base central de datos GLOBE a través del Internet. Las mediciones tomadas por los estudiantes GLOBE sirven para dos propósitos importantes: Primero, los científicos que participan en el Programa usan estos datos en sus investigaciones para mejorar la comprensión acerca del ambiente. Segundo, los estudiantes no sólo aprenden cómo llevar a cabo un programa científico riguroso de observaciones ambientales, sino que también aprenden a usar sus propias mediciones, junto con los datos de otras escuelas GLOBE, como parte clave de sus estudios de ciencias del ambiente.

GLOBE provee amplios materiales educativos para enriquecer la experiencia de aprendizaje de los estudiantes participantes. Estos materiales incluyen una variedad de actividades para desarrollar en el salón de clases y en el campo, las mismas que ayudarán a los estudiantes a colocar sus mediciones en un amplio contexto y relacionar sus observaciones locales con aspectos ambientales globales.

Usando el estado del arte de la tecnología, GLOBE crea un foro para que los estudiantes se comuniquen con sus pares alrededor del mundo, de este modo, estableciendo alianzas entre los estudiantes, no sólo se logra incrementar la comprensión del ambiente; sino también, se facilita la comprensión de otras culturas y se genera un sentido de comunidad global.



- **GLOBE EN LA EDUCACIÓN:** GLOBE es ciencia y educación, no sólo educación científica. Los profesores y los estudiantes GLOBE se unen con los científicos para formar diferentes equipos de investigación. Los estudiantes colectan datos que son valiosos para el trabajo de los investigadores. Esta colaboración y la autenticidad de los datos colectados estimulan el aprendizaje y ofrece oportunidades para una nueva aproximación dinámica a la educación.

Una vez que un proyecto propuesto es elegido, cada equipo revisa todos los datos enviados usando sus protocolos para garantizar su exactitud y consistencia. Cuando los datos colectados por los estudiantes GLOBE son exactos y consistentes, se usan en investigaciones profesionales.

Como un programa de ciencia y educación, GLOBE no comienza ni termina con la recopilación de datos. Los científicos toman datos para incrementar su comprensión sobre un tema determinado, y los estudiantes pueden hacer lo mismo. Se anima a los profesores a estimular y reforzar el interés natural de sus estudiantes en el entorno que los rodea.

El reporte de datos es el paso que hace real la colaboración GLOBE. A través de este Programa, los miembros de la comunidad científica brindan ayuda, soporte y guía para la comunidad educativa. Sin embargo, los científicos no reciben nada por estos esfuerzos a menos que las observaciones de los estudiantes sean reportadas e incluidas en el archivo GLOBE. Para que la comunidad de escuelas GLOBE tenga una base de datos rica en observaciones para usarla en sus investigaciones y actividades, cada escuela debe hacer su parte compartiendo los resultados de sus mediciones. Finalmente, la calidad y cantidad de los datos reportados a GLOBE constituyen la mejor recompensa que puede proporcionarse a aquéllos que financian y apoyan el Programa GLOBE.

GLOBE brinda los protocolos y las especificaciones de los instrumentos de tal manera que los estudiantes pueden estar seguros de que sus mediciones son observaciones válidas de su ambiente que pueden ser comparadas con los datos colectados por otros estudiantes alrededor del mundo. El Programa GLOBE cuenta con una Guía del Profesor y un Sitio Web, en donde hay información básica que ayuda a enmarcar las mediciones en un contexto científico, a la par que se ofrecen discusiones y ejemplos para analizar los datos.

A través de toda la Guía del Profesor, se brindan referencias que los ayudarán con los conceptos científicos y con el desarrollo de las investigaciones. Estas están hechas para facilitar el proceso de integración de GLOBE en los planes de estudios de clases, las escuelas y los sistemas escolares. GLOBE reconoce que el trabajo de los profesores es educar a los estudiantes y que tomar datos es sólo un medio para tal fin.

Los estudiantes de GLOBE no solo leen acerca de la ciencia, ellos hacen ciencia; desde el lanzamiento del Programa GLOBE en el Día de la Tierra 1995, los estudiantes han documentado las condiciones de la Tierra mediante la toma de más de 23 millones de datos ambientales dentro de cinco investigaciones científicas: atmósfera, hidrología, cobertura terrestre y biología, fenología y suelo. Estos datos son útiles en la caracterización del complejo medio ambiente global.

Los maestros enseñan a sus alumnos como colectar datos de acuerdo con protocolos científicos y el uso de instrumentos que cumplan las especificaciones escritas por los científicos. Las especificaciones del instrumento ayudan a asegurar que los datos sean precisos y consistentes en todo el mundo. Los maestros son entrenados por entrenadores (Trainers) GLOBE con experiencia en la ciencia del sistema Tierra, con instrucción en el aula y capacitación para el desarrollo profesional.



- **LOS DATOS GLOBE:** Los datos GLOBE están disponibles libremente. Los datos sólo son proporcionados por los países que se han unido a GLOBE, a través de un acuerdo formal con el Gobierno de los Estados Unidos. La visualización es la forma más fácil de explorar datos GLOBE. Los usuarios pueden descargar los datos para su uso en sus propios sistemas de análisis. Los investigadores interesados en la obtención de grandes conjuntos de datos de medidas específicas deben comunicarse con la Oficina del Programa GLOBE (GLOBE, 2014).

Reporte de Datos: Los estudiantes recogen datos en campo e informan a GLOBE a través de la página web de GLOBE. Las escuelas pueden reportar los datos cuando sea conveniente, por lo que la cantidad de datos para un momento dado puede aumentar a medida que se reciban más informes.

Controles de calidad de datos: GLOBE realiza controles de calidad en los datos cuando son reportados. Estos controles incluyen rangos de datos válidos y entrada de datos válidos para asegurar que los datos GLOBE reportados presentan validez científica.

- **PROTOCOLO DE SUELOS:** Los suelos conforman una capa delgada conocida como la litósfera, en la parte superior de la mayor parte de las superficies. Los suelos afectan tan profundamente cada parte del ecosistema que a menudo se les llama los grandes integradores. Portan nutrimentos y agua para las plantas y animales; los alimentos que se consumen y la mayoría de los materiales que usamos para fabricar papel, edificios y ropa dependen de los suelos. Esta investigación involucra las mediciones de las características físicas y químicas del suelo, la humedad, la infiltración y la temperatura de ellos.

Las naves espaciales en órbita cuentan con sensores que envían imágenes de la Tierra, y en la NASA intentan explicar lo que estas imágenes revelan acerca de la superficie terrestre. *“Juntos vamos a determinar la apariencia del suelo de su zona, el por qué es de esa manera y cómo podemos utilizarlo para mantener un ambiente sano. Ustedes van a examinar de cerca muestras de suelos procedentes de su Sitio de Estudio. Los científicos utilizarán su información para aprender más acerca de los distintos suelos que existen en la tierra. Sus datos nos ayudarán a interpretar mejor las imágenes de los satélites, así como los sistemas que interactúan en la Tierra, con el fin de predecir lo que sucederá con el suelo en el futuro”*, señaló Levine (2005).

Los estudiantes y científicos investigan el suelo a través de tomar datos utilizando los protocolos de toma y preparación de muestras, medición en campo y laboratorio. Las observaciones y determinaciones que incluye la Investigación de Suelos son: descripción del perfil del suelo, estructura, color, carbonatos, consistencia, densidad de masa, distribución del tamaño de partículas, pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica, fertilidad, temperatura del suelo, contenido de humedad, e infiltración. Las actividades de aprendizaje de la Guía del maestro GLOBE ayudan a entender importantes conceptos científicos, la comprensión de los datos y las metodologías de recolección de los mismos. El apéndice de investigación contiene hojas de datos de todos los protocolos de la Investigación de Suelos.

El presente trabajo tiene como objetivo, difundir este programa entre la comunidad científica del área y del público asistente al XXXIX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, sobre esta herramienta educativa-científica, y la experiencia de la FES-Cuautitlán, UNAM, en el desarrollo de las actividades de este programa.



Materiales y Métodos

La Investigación de Suelos incluye una metodología que precisa la toma de datos tanto en campo, como de análisis en el laboratorio. Se determina el pH, conductividad eléctrica, densidad aparente, textura y fertilidad (N-P-K), entre otras, de cada muestra del suelo colectada. La descripción del perfil del suelo se realiza una sola vez, y posteriormente cada año se analizan muestras de suelo tomadas en el sitio de estudio correspondiente. La valoración de los parámetros químicos del suelo se realizan tanto en campo como en laboratorio, con el uso de Kid's de medición. Una vez tomados los datos y llenados los formatos correspondientes, los datos obtenidos son enviados al servidor web del Programa GLOBE para ser validados por los científicos y formar parte del archivo disponible para uso de toda la comunidad GLOBE.

Resultados y Discusión

Dentro de los resultados relevantes al aplicar este protocolo en actividades extracurriculares, los alumnos logran entender mejor los términos edafológicos y en particular, relacionar estos conocimientos y experiencias en ámbito profesional del Ingeniero Agrícola.

El muestreo de suelos que se hace cada año, y el manejo y análisis de las muestras colectadas, complementan su formación en el área técnica de edafología, y además permite formar carácter para hacer investigación de campo, motivarlos para buscar respuestas a procesos que suceden en el suelo y que repercuten en la producción de alimentos. Como responsable de estas actividades se ha podido constatar la gran importancia que tienen estas actividades extracurriculares en su formación académica que además les provee de metodología científica que pueden desarrollar en su futura vida profesional; asimismo, el adiestramiento en la sistematización de los datos recabados y su ingreso al sitio web de GLOBE.

Durante el año de 2013 y el primer semestre del 2014, se han realizado dos muestreos de suelo, en el área de producción agrícola de la FES-C, con el análisis correspondiente en laboratorio de las muestras colectadas. En marzo del 2014, se cavó un pozo de un metro cúbico, para realizar la descripción del perfil siguiendo el protocolo GLOBE; todo ello con el trabajo y apoyo de los alumnos del curso de edafología de Ingeniería Agrícola, en promedio con 20 estudiantes por ciclo escolar.

Conclusiones

Los estudiantes que participan en las actividades que se presentan en la Investigación de Suelos deben tener el interés por la investigación y la comprensión de los conceptos científicos correspondientes. Estas habilidades incluyen el uso de instrumental y técnicas para tomar mediciones en campo y laboratorio, analizar los datos resultantes, junto con los enfoques generales a una pregunta específica.

Se concluye que estas actividades extracurriculares son de gran beneficio para los alumnos porque los adiestra en una metodología científica que forma carácter y responsabilidad para desarrollar y complementar su formación profesional.



Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C.
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
“Suelos sin fronteras para impulsar a México”



Agradecimientos

Se agradece al personal técnico del Laboratorio de Edafología del Departamento de Ciencias Agrícolas de la FES-C, por el apoyo recibido para el análisis de las muestras de suelo, y al CECADESU por la oportunidad de seguir colaborando en este programa.

Bibliografía

- GLOBE. 2005. Programa GLOBE: Guía del Maestro. GLOBE Program, Washington, USA.
GLOBE. 2014. Página del Programa GLOBE. en: www.globe.gov/es/home. Consultado el 04 de junio de 2014.
Levine, E. 2005. Guía del Maestro. Investigación en Suelos. GLOBE Program, Washington, USA.
Maldonado, S.T.N.J. 2013. Coordinadora del Programa GLOBE-México. SEMARNAT-CECADESU. Comunicación Personal.





VARIABILIDAD DE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE UN SUELO VERTISOL DE USO AGRÍCOLA

Mercado-Mancera, G.^{1*}; Granados-Mayorga, A.K.²; Piedre-Schubert, G.²; Ramírez-Castañeda Y.²; Valencia-Islas, C.E.¹

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

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

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

Resumen

El suelo es un recurso natural valioso por lo que su manejo sustentable debe incluir prácticas agrícolas que tiendan a mejorar su fertilidad. El objetivo fue determinar la variabilidad en algunas características físicas y químicas de un suelo de uso agrícola a través del tiempo. Se realizaron pozos de un m³ en un suelo vertisol, en los años de 1988 y 2014, donde se tomaron muestras cada 20 cm de profundidad, en Cuautitlán Izcalli, Méx. Se determinó: textura, pH potencial y real, CICT, % SB, Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺ intercambiables, % nitrógeno total y % M.O. El manejo del suelo en estos años ha tenido un impacto moderado en algunas de sus características, principalmente en una disminución de 2 % en materia orgánica. La clase textural en general es la misma, franco arcillosa, y la CICT se mantiene con valores adecuados y propios de un suelo arcilloso, con un valor alrededor de 40 cmol⁺ Kg⁻¹. El % SB disminuyó de 34.6 a 34.4. El promedio de Ca⁺² y Mg⁺² intercambiable es de 8.4 y 7.9 cmol⁺ Kg⁻¹, respectivamente. El pH potencial osciló de 5.7 a 6.8, el pH real de 6.8 a 7.5, rangos óptimos para la absorción de la mayoría de los elementos nutritivos para la planta. Se concluye que el manejo del suelo con fines agrícolas debe considerar la rotación de cultivos, la incorporación de residuos de cosecha y de abonos orgánicos, prácticas que han permitido mantener una calidad satisfactoria del suelo en estos 26 años de estudio.

Palabras clave

Variabilidad; suelo; desertificación

Introducción

Para muchas personas, sobre todo las que viven en las grandes ciudades, los efectos ambientales de la producción de bienes y servicios pueden pasar desapercibidos, ya que se producen muy lejos de sus hogares o trabajos. Sin embargo, el suelo es un recurso natural muy valioso, tan importante para la vida en el planeta como la atmósfera o el agua de lluvia. El suelo puede definirse como la capa exterior de la corteza terrestre, formada por minerales, materia orgánica, agua, aire y microorganismos en la que se establecen y crecen las plantas (SEMARNAT, 2007).

El proceso de la desertificación que es la degradación de las tierras en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas (UN, 1994), se presenta como uno de los procesos de



degradación ambiental más alarmantes del mundo. López (2006) consideró que los impactos de la desertificación se manifiestan en el deterioro de los suelos, de la flora y de la fauna, entre otros. La vulnerabilidad de un suelo a la desertificación depende, entre otros factores, del clima, de la topografía, de la condición (textura, estructura e índice de fertilidad) y de la vegetación, sea natural o inducida. Entre los factores antropogénicos que desencadenan un proceso de desertificación destacan: el cultivo en suelos frágiles, la reducción del tiempo de descanso de la tierra, el sobrepastoreo, y el mal manejo del agua de riego y uso inapropiado de la maquinaria agrícola (UN, 1996). En México los terrenos degradados por influencia humana abarcan el 47.7 %, donde las causas químicas (pérdida de fertilidad de suelos, salinización) ocurren en el 16.4 % (UNCCD (2006).

Rasmussen *et al.* (2001) señalaron que para observar cambios en el suelo se requieren largas series de observaciones, a nivel de décadas. El conocimiento de los cambios en el contenido de Nitrógeno (N) es importante para determinar la calidad del suelo (por ejemplo, la fertilidad y la capacidad de retención de agua), la productividad del ecosistema y también para cuantificar la influencia de las tasas de cambio del ciclo de C y N y almacenamiento sobre el cambio climático global. Los ciclos de estos dos elementos a menudo desempeñan un papel esencial en la determinación de las características físicas y químicas de un suelo y por lo tanto en su fertilidad (Duan *et al.*, 2001; Mahdi *et al.*, 2005).

Por lo general, el agotamiento de los nutrientes del suelo es la pérdida neta de nutrientes para las plantas debido a efectos de la actividad agrícola, de manera directa (laboreo) e indirecta (erosión, escorrentía), y de los procesos naturales del suelo (lixiviación, desnitrificación). El proceso de deterioro es a largo plazo, y la fertilidad del suelo puede considerarse un stock que tiene características dinámicas y procesos de renovación sujetos a influencias estocásticas (Farquharson *et al.*, 2008). La pérdida o falta de materia orgánica en el suelo influye de manera significativa en la degradación del mismo (Hillel y Rosenzweig, 2002).

Para conocer el impacto que tienen las actividades agrícolas a través del tiempo, se realizó un estudio de algunas características físicas y químicas del suelo, en una fracción de la parcela 14 del área agrícola de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM (FES-C). En este caso, se presenta la comparación de los muestreos realizados en los años de 1988 y 2014. Dicha parcela ha sido manejada en forma convencional, principalmente para la producción de maíz forrajero, avena, alfalfa y algunas hortalizas. Por lo anterior, el estudio tuvo como objetivo determinar el impacto de las prácticas agrícolas sobre las características físicas y químicas del suelo a través de tiempo (26 años).

Materiales y Métodos

El presente estudio se llevó a cabo en la parcela 14 de la FES-C, que se localiza en el Municipio de Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, a una altitud de 2,256 msnm; el clima es templado subhúmedo, con lluvias de verano, una temperatura promedio de 15.2 °C, y una precipitación promedio de 612.1 mm (Mercado, 2014). Los muestreos se realizaron en los meses de enero de 1988 y en marzo del 2014, bajo las consideraciones de Valencia y Hernández (2002). Se escavaron pozos de 1 m³ cada uno, y se tomaron muestras cada 20 cm de profundidad, y se analizaron en el laboratorio de Edafología de la FES-C, en cada año de muestreo. Se siguieron las técnicas analíticas del Manual de Prácticas del Laboratorio de Edafología (Valencia, 2012) bajo las siguientes consideraciones: para la determinación de textura (método de Boyoucos (1962)), porcentaje de materia orgánica (MO) (método de Walkley y Black), porcentaje de nitrógeno (método de Kjeldhal), pH potencial (relación 1:2.5



con KCl pH 7), y pH real (relación 1:2.5 en agua), la capacidad de intercambio catiónico total (técnica de percolación con NaCl y CaCl₂) y Ca⁺² y Mg⁺² intercambiables por la técnica de extracción con acetato de sodio y titulación complejométrica con EDTA, y el porcentaje de saturación de bases (calculado mediante fórmula).

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

a) pH: se observa que el pH potencial (Figura 1) se incrementó después de 26 años del primer muestreo y a medida que aumenta la profundidad este pH aumenta en cerca de una unidad. El pH real ha disminuido después de 26 años, lo que muestra el impacto de las actividades agrícolas que se han practicado en la zona de estudio y que han tenido un efecto benéfico ya que actualmente el pH real es neutro en el pozo 2 y va de neutro a ligeramente alcalino en el pozo 1; por lo que la disponibilidad macro y micronutrientes es óptima, lo que tiene influencia en la diversidad y actividad de los microorganismos en el suelo y en el desarrollo de las plantas.

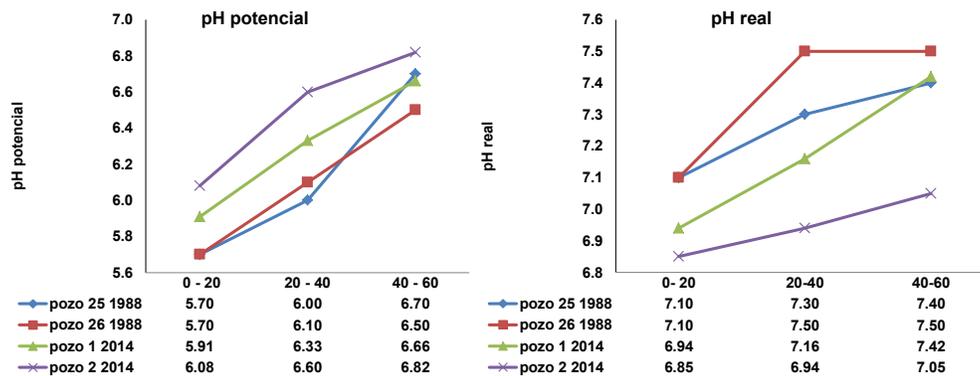


Figura 1. pH potencial y pH real, a tres profundidades, según fecha de muestreo.

b) Porcentajes de materia orgánica y de nitrógeno total: en la Figura 2 se observa que ambos porcentajes disminuyen conforme aumenta la profundidad, en parte porque la mayor cantidad de residuos de cosecha que llegan a incorporarse se quedan en la superficie del suelo y no hay un proceso de lixiviación mayor debido a que la textura de este suelo va de media a fina lo que no favorece su incremento a mayor profundidad. Es importante notar que el porcentaje disminuyó notoriamente en 26 años, tiempo que se compara entre los muestreos por efecto del manejo inadecuado del suelo en estos años de actividad agrícola al que ha sido sujeta la parcela evaluada.

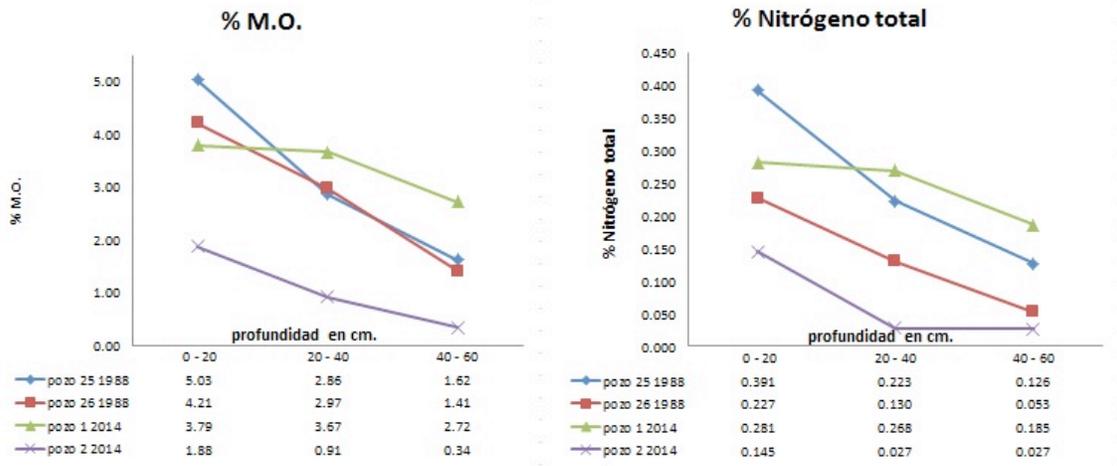


Figura 2. Porcentaje de materia orgánica y nitrógeno total, a tres profundidades, según fecha de muestreo.

c) Capacidad de intercambio catiónico total (CICT) (Figura 3): se observó un incremento de esta propiedad química al paso del tiempo, por el contenido de arcilla y materia orgánica humificada en el suelo, puesto que, cuanto más pequeña sea la partícula, más grande será la capacidad de cambio; también se observa un incremento de 40 a 60 cm de profundidad y luego disminuye con la profundidad. Después de 26 años se observa que el área representada por el pozo 1 presenta una mayor retención, disponibilidad de nutrientes y/o liberación de K^+ , Mg^{++} y Ca^{++} , para la planta, lo que representa un incremento de la fertilidad del suelo del pozo 1 del muestreo del 2014, esto se puede corroborar al observar la tendencia del porcentaje de saturación de bases que se interpreta como el nivel de fertilidad del suelo. El pozo 2 muestra tener la menor fertilidad debido a su bajo porcentaje de saturación de bases.

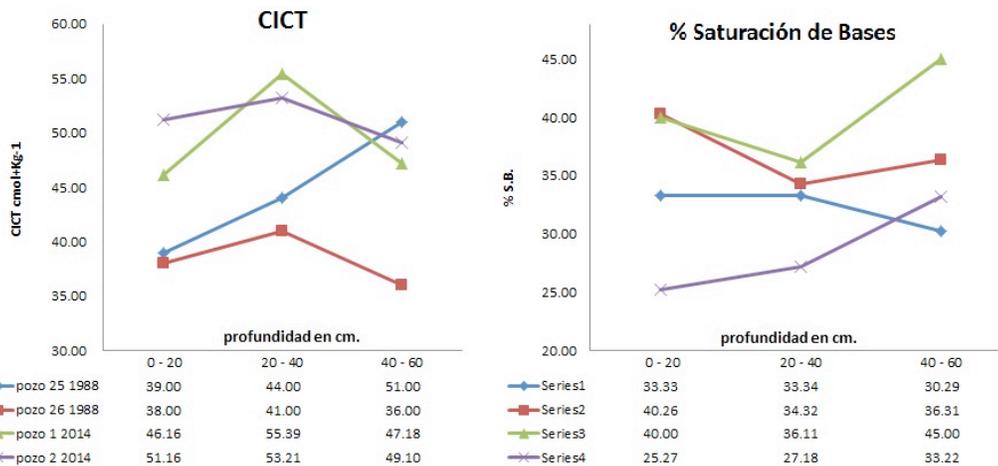


Figura 3. CICT y % de S.B., a tres profundidades, según fecha de muestreo.

d) Calcio (Ca^{+2}) y Magnesio (Mg^{+2}): En la Figura 4 se muestra la cantidad de estos cationes, conocidos como bases intercambiables, donde el Ca^{+2} es mayor que el Mg^{+2} los cuales presentan mayor cantidad en los pozos 1 y 2 del muestreo del 2014. La presencia de calcio



produce la floculación de los coloides y el magnesio tiene un significativo papel como constituyente de la molécula de clorofila, producen efecto positivo sobre la fertilidad física y química del suelo y sobre el crecimiento vegetal.

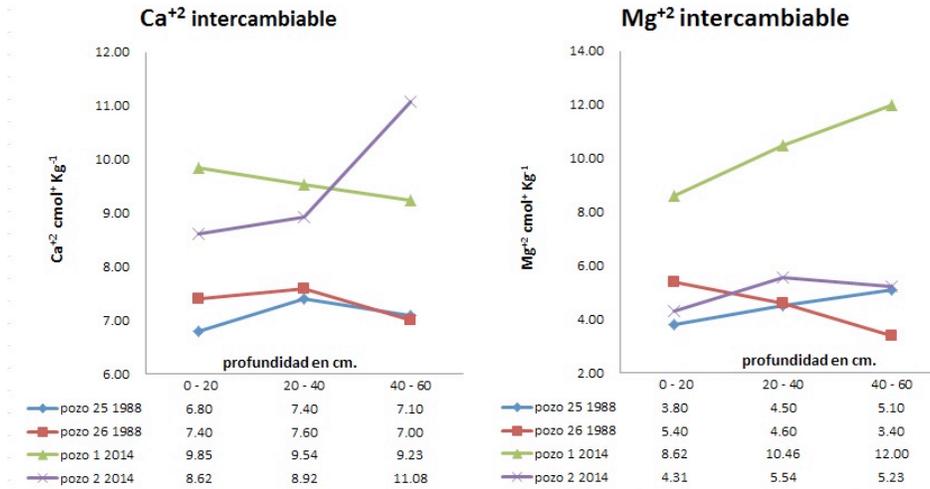


Figura 4. Ca⁺² y Mg⁺², a tres profundidades, según fecha de muestreo.

e) Textura: evaluada bajo el método de Boyoucos (1962), en el cuadro 1 se observa que la textura está comprendida entre fina y media. En promedio la clase textural corresponde a Franco Arcilloso, lo cual permite relacionar los resultados antes expuestos, en cuanto a la distribución de las diversas propiedades químicas estudiadas como el pH potencial y real determinados, así como las cantidades de Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺ intercambiables en el suelo el % de S.B, la CICT obtenida, y el % materia orgánica.

Cuadro 1. Clase Textural, a tres profundidades en cada perfil de suelo analizado según fecha de muestreo

POZO	Año del muestreo	PROFUN-DIDAD	% ARCILLA	% LIMO	% ARENA	CLASIFICACIÓN TEXTURAL	INTERPRETACIÓN
25	1988	0 - 20	48.00	25.00	27.00	arcilloso	fina
		20 - 40	33.00	32.00	35.00	franco arcilloso	media
		40 - 60	35.00	18.00	47.00	franco arcillo arenoso	media
26	1988	0 - 20	52.00	17.00	31.00	arcilloso	fina
		20 - 40	31.00	31.00	38.00	franco arcilloso	media
		40 - 60	35.00	31.00	34.00	franco arcilloso	media
1	2014	0- 20	41.80	18.00	40.20	arcilloso	fina
		20-40	45.44	26.36	28.20	arcilloso	media
		40-60	41.44	18.36	40.20	arcilloso	media
2	2014	0- 20	28.52	25.64	45.84	franco arcillo arenoso	media
		20-40	32.52	23.64	43.84	franco arcillo arenoso	media
		40-60	18.52	14.64	66.84	franco arenoso	media

Interpretación: Triángulo de Textura (USDA, 1954).



Conclusiones

Se concluye con base a los datos aquí expuestos, que el manejo del suelo con fines agrícolas debe considerar la rotación de cultivos, la incorporación de residuos de cosecha y de abonos orgánicos, prácticas que se han desarrollado en el área de estudio, lo cual ha permitido mantener una calidad de suelo satisfactoria en estos 26 años que abarcó la comparación de los resultados de los análisis de suelo realizados. Se sugiere que en un periodo de 5 años más sea realizada otra comparación de resultados para determinar si el manejo del suelo con fines agrícolas es sustentable o bien que otra (s) práctica (s) deben implementarse para mantener su fertilidad en el área de estudio.

Agradecimientos

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

Bibliografía

- Duan, Z.H., Xiao, H.L., Dong, Z.B., He, X.D., Wang, G., 2001. Estimate of total CO₂ output from desertified sandy land in China. *Atmospheric Environment* 35: 5915-5921.
- Farquharson, J.R., J.O. Cacho, D.J. Mullen, D.G. Schwenke. 2008. An economic approach to soil fertility management for wheat production in north-eastern Australia. *Agricultural Economics* 38: 181-192.
- Hillel, D. y C. Rosenzweig. 2002. Desertification in relation to climate variability and change. *Advances in Agronomy* 77: 1-44.
- López, R.M. 2006. Elementos para el diseño de una política de uso sustentable de las tierras ganaderas de Sonora. *Estudios Sociales* 14(27): 140-157.
- Mahdi, M.A.K., Yin, X.H., Licht, M.A. 2005. Soil carbon and nitrogen changes as affected by tillage system and crop biomass in a corn-soybean rotation. *Applied Soil Ecology* 30(3): 174-191.
- Mercado, M.G. 2014. Datos climáticos de la Estación Meteorológica Almaraz, FES-C. Datos internos sin publicar. FES-C, UNAM. México.
- Rasmussen, K., Foga, B., Madsen, J.E. 2001. Desertification in reverse? Observations from northern Burkina Faso. *Global Environmental Change* 11: 271-282.
- SEMARNAT. 2007. ¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo. Semarnat. México. 2002 p.
- UN (Naciones Unidas). 1994. Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación en Países con Sequía Seria o Desertificación, particularmente en África. París, Francia.
- UNCCD. 2006. Tercer Informe Nacional México 2002-2005, en materia de implementación de la Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación, en países afectados por sequía o desertificación. CONAFOR, SEMARNAT, SAGARPA; FIRCO, INEGI, CONAZA y Colegio de Postgraduados. México.
- Valencia, I.C.E. y O. De la Teja. 1982. Tablas de Interpretación de análisis físicos y químicos de suelos para la asignatura de suelos de la carrera de Ing. Agrícola de la UNAM. Material docente sin publicar. FES-C, UNAM. México.
- Valencia, I.C.E. y B.A. Hernández. 2002. Muestreo de suelos preparación de muestras y guía de campo. UNAM, México.
- Valencia, I.C.E. 2012. Manual de Prácticas del Laboratorio de Edafología. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM. En prensa. México.
- Zhao, Z.W., Xiao, L.H., Liu, M.Z., Li, L. 2005. Soil degradation and restoration as affected by land use change in the semiarid Bashang area, northern China. *Catena* 59: 173-186.





LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, APOYO EN LA ESTIMACIÓN DEL ESCURRIMIENTO MEDIO Y ZONAS DE USO POTENCIAL DEL SUELO

Olguín López José Luis¹, Guevara Gutiérrez Rubén Darío¹, Meda Alducin Fernando, Ramírez Romero José Manuel¹, Sandoval Madrigal María Teresa², Talavera Villareal Antonio²

¹Departamento de Ecología y Recursos Naturales. Autlán de Navarro, Jalisco. México

²Departamento de Producción Agrícola. Autlán de Navarro, Jalisco. México

*Autor responsable: olguin@cucsur.udg.mx; calle Adan Uribe 101-1, fraccionamiento puerta de la costa, Autlán de Navarro, jalisco. México. CP 48900; Tel. 3178731799

Resumen

La cuenca hidrográfica es el área integradora de los procesos naturales y antropicos que ahí se desarrollan, por lo tanto la actividad agricultura desarrollada eficientemente, es la responsable del desarrollo económico de una cuenca, región, Estado o País. Entonces se pretende establecer una clasificación potencial del suelo utilizando varios factores que propicien en desarrollo de la actividad agrícola. Para resolver lo anteriormente mencionado, se estimó el volumen medio anual, la erosión utilizando el método de RUSLE que incorpora los Sistemas de Información Geográfica; además de factores esenciales para contribuir a la aplicación de la actividad agrícola. La clasificación se establece con referencia a la relación de los factores anteriormente mencionados.

Palabras clave

Suelo; cuenca; Escurrimiento; agricultura

Introducción y justificación:

Los recursos naturales y los factores climáticos son para la obtención del uso potencial del suelo con que cuenta una cuenca o territorio definido, factores fundamentales para el desarrollo económico y social (INEGI, 2005). El uso potencial se define como el uso más intensivo que puede soportar el suelo, garantizando una producción agropecuaria sostenida y una oferta permanente en el tiempo de bienes y servicios ambientales, sin deteriorarlos recursos naturales. En México la mitad del territorio ha sido modificada intensamente, siendo la más reciente estimación de la superficie ocupada por diferentes formas de uso del suelo proveniente del Inventario Forestal Nacional del 2000 (IFN, 2000), señalándose que cerca de la mitad del país ha sido afectada severamente por las actividades antrópicas (SEMARNAT, 2002). Con base a lo anterior y a la preocupación por contar con agua suficiente para uso urbano, agrícola e industrial y/o diferentes actividades, los estudios de escurrimiento medio son de gran importancia (PNUMA-Earthscan, 2002). Los Sistemas de información geográfica (SIG) han sido introducidos en la ciencia del suelo durante los últimos años, hasta el momento su uso ha sido mínimo por los manejadores y estudiosos del suelo. Según Burrough (1984), se ha desarrollado la tecnología del mapeo, que ha provisto a la ciencia del suelo en una herramienta



para la generación de mapas útiles en reportes técnicos e investigación. Bajo esta consideración Burrough (1986) también menciona que el mapeo y el análisis espacial que proporciona los SIG, se han desarrollado paralelamente con la captura automática y análisis de datos de acuerdo a varias disciplinas como la ciencia del suelo. Se considera a los SIG como una herramienta de manejo de bases de datos que los codifica, almacena y recupera, transformando y desplegando datos espaciales del mundo real para diferentes propósitos y aplicados para la investigación de los suelos para evaluar su desarrollo potencial (Aronoff, 1989). Por lo anterior es necesario considerar la cuenca como una unidad de planificación fundamental en donde deben coincidir las medidas o acciones integradas emanadas de estudios y proyectos así como las demandas e intereses por parte de los usuarios de los recursos naturales, ya que resulta un instrumento valioso para el uso potencial del suelo, zonificación y ordenamientos territorial (Mendoza y Carreón 2005).

Metodología

El estudio propuesto fue realizado en la cuenca de Autlán (Figura 1) donde se desarrolla diferentes actividades, destacando la agricultura como fuente importante para la economía y desarrollo de la sociedad. La cuenca se encuentra ubicada entre las coordenadas geográficas de 19°32'2.90" a 20°20'39.451" Norte y 103° 51' 01.326" a 104° 31' 24.251" Oeste.

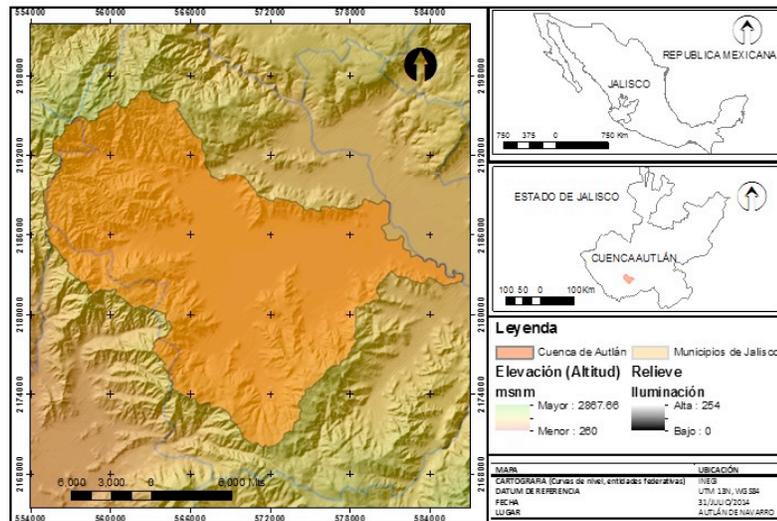


Figura 1. Mapa de ubicación de la cuenca de Autlán

El proceso metodológico consiste en delimitar áreas dentro de la cuenca de Autlán considerando factores que intervienen en la potencialidad del suelo para sostener una práctica concreta. Para lograr el objetivo se utilizó la herramienta de los Sistemas de Información Geográfica y se propuso los pasos siguientes.

1. Estimación el escurrimiento medio mediante la ecuación:

$$Q_m = C_e P_m A$$

Dónde: Q_m , Volumen medio anual (m^3)

C_e , Coeficiente de escurrimiento (adimensional, Cuadro 1))



P_m , Precipitación media anual (mm)

A, Área de la cuenca (hectáreas)

Cuadro 1. Valores de coeficiente de escurrimiento (CP - SARH 1991).

USO DE SUELO Y PENDIENTE DEL TERRENO	TEXTURA DE SUELO		
	Gruesa	Media	Fina
Bosque			
Plano (0 – 5 pendiente)	0.10	0.30	0.40
Ondulado (6 – 10 pendiente)	0.25	0.35	0.50
Escarpado (11 – 30 pendiente)	0.30	0.50	0.60
Pastizal			
Plano (0 – 5 pendiente)	0.10	0.30	0.40
Ondulado (6 – 10 pendiente)	0.16	0.36	0.55
Escarpado (11 – 30 pendiente)	0.22	0.42	0.60
Terrenos cultivados			
Plano (0 – 5 pendiente)	0.30	0.50	0.60
Ondulado (6 – 10 pendiente)	0.40	0.60	0.70
Escarpado (11 – 30 pendiente)	0.52	0.72	0.82

- Estimación del riesgo de erosión para la cuenca del Autlán, la cual es calculada por la siguiente ecuación de RUSLE (Wischmeier y Smith 1962).

$$E = R * K * LS * C$$

Dónde: E, Riesgo de erosión (ton/ha/año)

R, Factor erosividad de las lluvias en [MJ/ha*mm/hr]

K, Factor erodabilidad del suelo en [t/ha.MJ*ha/mm*hr]

LS, Factor topográfico (función de longitud-inclinación-forma de la pendiente)

C, Factor ordenación de los cultivos (cubierta vegetal), adimensional

- Obtención de la caracterización física para la cuenca de Autlán utilizando los factores de edafología, geomorfología, clima (precipitación y temperatura). Dentro de este paso metodológico se utilizó la siguiente clasificación:

Cuadro 2. Clasificación del uso potencial del suelo dentro de la cuenca de Autlán

CLASE	USO PROPUESTO
-------	---------------

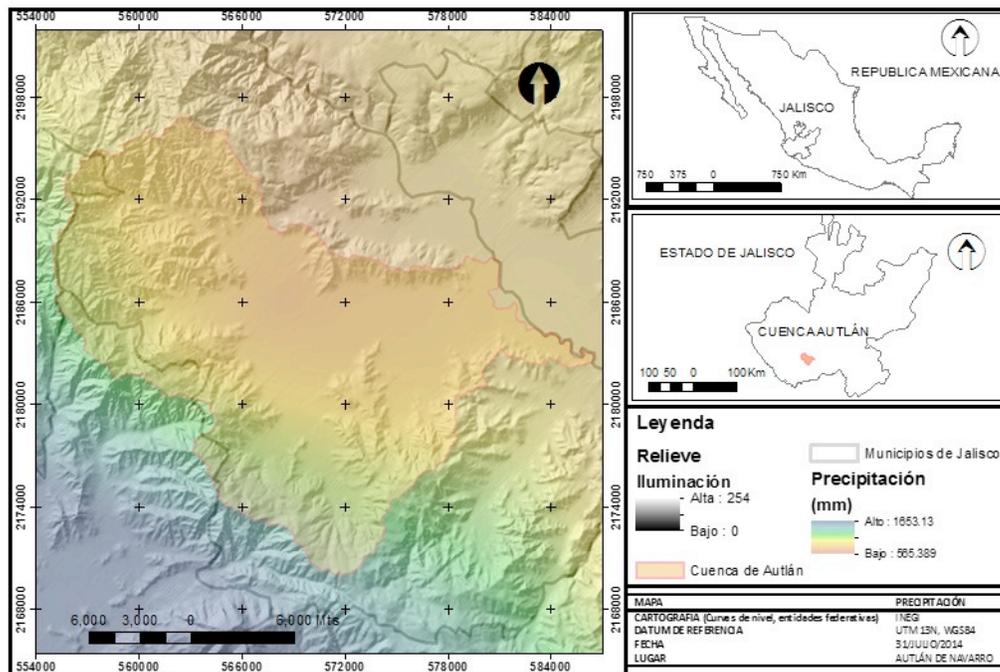


1	Agricultura intensiva
2	Agricultura moderada
3	Agricultura restringida
4	Forestal intensivo
5	Forestal moderado
6	Forestal restringido
7	Suelos de protección
8	Cuerpos de agua

Resultados

Los resultados preliminares se muestran a continuación, donde primeramente se estimó la precipitación anual en la cuenca de Autlán utilizando la ubicación de pluviómetros distribuidos en la superficie. La distribución de la precipitación dentro de la cuenca (Figura 2) se manifiesta en una mayor cantidad para la zona suroeste de la cuenca alcanzando valores de 1653 mm, para el centro de la cuenca donde se ubica la zona agrícola las precipitaciones disminuyen en cantidad, esto posiblemente por la barrera montañosa que rodea el valle.

Por otro lado, se estimó la erosión actual donde los resultados (Figura 3), más altos hasta 10,600 ton/ha/año, estas se presentan en las zonas de ladera fuerte con presencia de zonas



montañosas. Para las zonas de valle el comportamiento del proceso erosivo es más reducido debido a las pendientes planas con suelos profundos, de textura fina capaces de reducir el impacto de las gotas de lluvia y su amplia capacidad de campo.

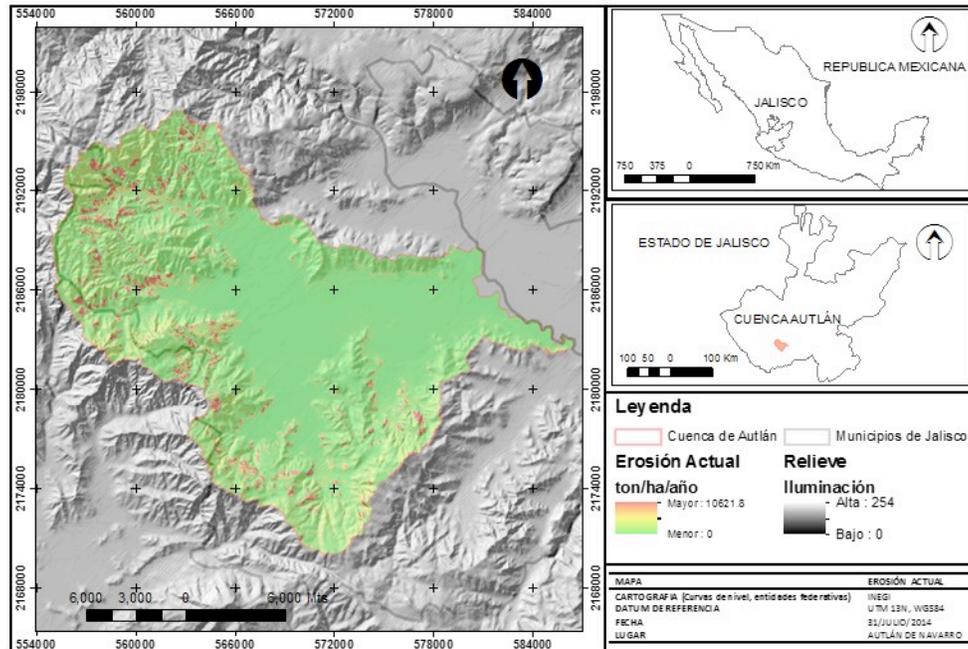


Figura 3. Riesgo de erosión actual

Figura 2. Distribución de la precipitación

Conclusiones



El estudio servirá de base para implementar la planeación estratégica de conservación de suelo y agua dentro de la cuenca, además de proporcionar elementos hacia los manejadores de suelo para conocer las diferentes potencialidades a nivel cartográfico dando sugerencias para su manejo.

Literatura citada

- Mendoza, F.J.R., y E. Carreón H. 2005. Zonificación del uso potencial del suelo de la zona de recarga básica de la cuenca alta del Río Conchos. Disponible en www.rioconchos.org.mx.
- Wischmeier, W. H., y Smith, D. D. 1962. Soil loss estimation as a tool in soil and water management planning. Int. AJJoc. Se/enl. Hydrol. Pub., 59: 148-159.
- Aranoff, S. 1989. Geographic information systems: a management perspective-WDL Publications, Ottawa, Canada.
- Burrough P.A. 1984. Soil information systems Technology. Pudoc Wageningen. 178 pp.
- Burrough P.A. 1986. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Monographs on soils and resources survey. N° 12. New York, U.S.A. 194 pp.
- SEMARNAT. 2002. Informe de la situación del medio ambiente en México, compendio de estadísticas ambientales. SEMARNAT. México.
- PNUMA-Earthscan. 2002. Global environment outlook 3. PNUMA. Nairobi, Kenia. Porta, J., M. López-Acevedo y C. Roquero. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Mundi-Prensa. España.





PROPIEDADES FISICO GEOQUIMICAS EN AEROSOLES METALICOS Y TORMENTAS DE POLVO EN EL DESIERTO DE CHIHUAHUA Y EL LLANO ESTACADO

Peinado-Coronado, Porfirio^{1*}

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez 1. Ciudad Juárez, Chihuahua. México

*Autor responsable: porfirio.peinado@uacj.mx; Calle Av. del Charro Núm. 450 Norte. Col. Partido Romero, Ciudad Juárez, Chihuahua. México. CP 32310; Tel. +52(656)-688-4820

Resumen

Categorizaciones de textura y características geoquímicas de los aerosoles metálicos y las tormentas de polvos en ambas regiones, el Desierto de Chihuahua y Llano Estacado en Texas [(USA), Nuevo México (USA) y Chihuahua (México)] son objeto de estudio en este proyecto. Estas regiones están consideradas como unas de las más importantes en la generación y emisión de polvos eólicos transportados a distancias continentales. Un total de 125 muestras de suelo (53 del Desierto de Chihuahua y 72 del Llano Estacado que fueron reconocidas mediante teledetección como fuentes de origen de tormentas de polvos), son analizadas para investigar la distribución partículas (tamaño), mineralogía, química elemental y el contenido de carbono orgánico. Resultados de datos granulométricos enfatizan una mayor textura arenosa en Llano Estacado en comparación con el Desierto de Chihuahua. Ambas regiones resultan ser pobres en contenido de carbón orgánico. Diversos elementos metálicos asociados con la agricultura reflejan una intrínseca conectividad con diversas actividades antropogénicas. Análisis estadísticos agrupan diversos materiales pesados (arsénico, plomo, cobre y cromo) que refieren una asociación perceptible con las áreas de pastizales, donde se realizan no solamente actividades petroleras, sino también de ganadería. La caracterización de los polvos y sedimentos en su textura más fina, y en especial del Desierto de Chihuahua, implican altas concentraciones elementales de calcio, magnesio y estroncio, (minerales carbonatados). Cuarzo es el mineral más común y abundante en los suelos del Llano Estacado, donde la calcita y otros minerales se encuentran en concentraciones mínimas. Este estudio proporciona una fuente preliminar del efecto en el impacto ambiental que tanto los aerosoles metálicos como las tormentas de polvo y sedimentos causan en ambas regiones a niveles local, regional y continental.

Palabras clave

Polvos; Aerosol; Mineralogía; Teledetección; Desierto.

Introducción

Los polvos tienden a originarse en áreas demasadamente secas, en áreas agrícolas, y en regiones con lagos efímeros (playas) (Gillete 1999; Lee *et al.*, 2009). Durante el tiempo de tormentas, las altas velocidades del viento, el suelo desprendible, la baja o nula cobertura vegetativa, la escasez de humedad y el tipo y uso de suelos, son los factores con que cuenta una región generadora de tormenta de polvos. La fracción de sedimentos finos de arcilla y arena (tanto las partículas gruesas, $PM_{10-2.5} \mu m \text{ } \emptyset$, como las partículas finas, $PM_{<2.5} \mu m \text{ } \emptyset$)



ingresan a la atmósfera en forma de aerosol mineral y son transportados a pocos kilómetros de distancia (nivel local) como a miles de kilómetros (nivel continental) (Gill *et al.*, 2006). El ser humano al respirar, las partículas finas PM_{<2.5}, éstas ingresan a los pulmones causando efectos adversos a la salud, asma en particular, afectando principalmente las poblaciones de niños y adultos mayores (Pope y Dockery, 2006). Adicionalmente, las partículas PM_{<2.5} penetran más rápidamente en los ambientes cerrados y son transportadas a grandes distancias logrando causar peligros en la infraestructura y la transportación (Novlan *et al.*, 2007; Wilson y Suh, 1997). Aerosoles minerales emitidos por fuertes vientos en regiones secas juegan un papel importante el sistema climático del planeta (Arimoto, 2001) y tienen un impacto significativo en la calidad del aire (Rivera *et al.*, 2009). Aunque las tormentas de polvo ocurren globalmente, la mayor fuente de estas tormentas están concentradas en las regiones secas donde grandes cantidades de polvo y sedimentos pueden ser emitidos desde las superficies de los suelos (Engelbrecht y Derbyshire, 2010; Washington *et al.*, 2003), particularmente en las regiones áridas y semi-áridas que cuentan con poca vegetación y sus precipitaciones anuales se encuentran por debajo de los 200-255 mm (Prospero *et al.*, 2002). Otras estudios de investigación, sin embargo, enfatizan que la mayor parte de las regiones que generan las tormentas de polvo y aerosoles metálicos provienen de regiones con ecosistemas alterados por actividades humanas (Sokolik y Toon, 1996), siendo la agricultura y ganadería las acciones humanas que incrementan la generación de tormentas de polvos en ambos niveles local y regional inclusive (Lee *et al.*, 2009).

Las regiones del Desierto de Chihuahua y el Llano Estacado han sido estudiadas actualmente usando las técnicas de teledetección y modelos (Baddock *et al.*, 2011; Bullard *et al.*, 2011; Janugani *et al.*, 2009; Lee *et al.*, 2009; Prospero *et al.*, 2002; Rivera *et al.*, 2010; Rivera *et al.*, 2009). Estudios en tormentas de polvos y sedimentos en otras regiones incluyen minerales tales como el cuarzo, silicatos de aluminio, potasio, sodio y calcio, granito, arcilla, carbonatos, óxidos y minerales evaporativos (Engelbrecht y Derbyshire, 2010). Las partículas respirables (RD, partículas $\leq 4\mu\text{m } \emptyset$) contribuyen mayoritariamente en la contaminación de los aerosoles minerales. Estas partículas se localizan en la textura más finas de los suelos (arena fina y arcilla); texturas que han sido fuentes de estudios no solamente en el estado de California, USA (Clausnitzer y Singer, 1999), sino también en diversas regiones de Mongolia, China (Hai *et al.*, 2008). Dichos estudios confirman que los elementos y minerales concentrados en estos aerosoles abundan también en los suelos de origen, con la relativa diferencia en abundancia entre ellos mismos. Aun así, la caracterización de los suelos química y físicamente, sin embargo, es limitada, tanto para el Desierto de Chihuahua como para el Llano Estacado. Es imperativo, por tanto, realizar estudios de caracterización geoquímica y de granulometría en aerosoles minerales y tormentas de polvos y sedimentos que se generan en estas regiones con la finalidad de entender sus efectos al medio ambiente directa o indirectamente causados por el impacto de las propiedades físicas y químicas de los minerales y metales concentrados en las tormentas al ser emitidos hacia la atmósfera.

Materiales y Métodos

Una adecuada caracterización e interpretación de aerosoles minerales requiere de distintas técnicas de investigación multidisciplinarias: Emisión de rayos X por inducción protónica (PIXE), Espectrómetro de Emisión Óptica – Plasma Acoplado por Inducción (ICP-OES), Difracción de rayos X (XRD) y Granulometría laser. El uso de estas técnicas permiten obtener la concentración elemental, mineralógica, y granulométrica de los suelos La manipulación de



estadísticas descriptivas permite encontrar las asociaciones entre las características elementales y químicas en las muestras de suelo que este estudio incluye. La preparación de las muestras de suelos y el equipo a utilizar se muestran en la Figura 1 y Figura 2.



Figura 1. Preparación de las muestras de suelo del Desierto de Chihuahua y del Llano Estacado. Un total de 53 muestras de suelo del Desierto de Chihuahua y 72 muestras de suelo del Llano Estacado.



Figura 2. Aerosoles Minerales. Equipo en la caracterización elemental, mineralógica y granulométrica



Resultados y Discusión

El análisis del tamaño de partículas conceptualiza que los polvos y suelos de la región del Desierto de Chihuahua son menos arenosos en su textura en comparación con las muestras de polvos y suelos del Llano Estacado. Estudios de campo e interpretación de fotos aéreas define una clasificación de 28 categorías del uso del suelo (actividades humanas). La clasificación geomorfológica incluye 5 categorías: arena eólica, aluvial, caliche, sedimentos de polvos, y cuencas del desierto (playas). Arena eólica constituye la categoría más común en la región del Llano Estacado; playas, en su contraparte, representa la categoría geomorfológica más abundante en el Desierto de Chihuahua. Se concluye que tanto el uso de suelo como la geomorfología no representan una clasificación y categorización predominante en la generación de aerosoles minerales y tormentas de polvos y sedimentos en las regiones bajo investigación. Se implica, sin embargo, que la arena eólica y playa son causales mayoritarios de las tormentas de polvo y aerosoles metálicos. La composición mineralógica mediante la difracción de rayos X enlista un total de 13 minerales en los suelos bajo estudio: Calcita $[\text{CaCO}_3]$, Silicato de aluminio sódico $[\text{NaAlSi}_3\text{O}_8]$, Yeso $[\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$, Dolomita $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$, Calcita magnésica $[\text{Ca,MgCO}_3]$, Cuarzo $[\text{SiO}_2]$, Calcio Plagioclásico–Anortita $[(\text{Ca,Na})(\text{Al,Si})_2\text{Si}_2\text{O}_8]$, Sodio Plagioclásico–Albita $[\text{Na}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8]$, Muscovita 2M2 $[(\text{K,Na})_2\text{Al}(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$, Muscovita $[(\text{K,Ba,Na})_{0.75}(\text{Al,Mg,Cr,V})_2(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH},\text{O})_2]$, Halita $[\text{NaCl}]$, y Bario Orthoclásico $[(\text{K,Ba,Na})(\text{Si,Al})_4\text{O}_8]$. Análisis estadísticos (clusters y correspondencia) homologan la base de datos que incluye variables varias como el uso de suelo, geomorfología, tamaño de partículas, concentraciones metálicas y carbono orgánico total, respectivamente. El análisis de componentes principales muestra las conectividades de las variables mencionadas con anterioridad. Los grupos metálicos que resultan estar intrínsecamente relacionados son los de clasificación antropogénica, As-Pb-Cu-Cr, y los especificados por ocurrencia natural, K-Fe-Al-Ti.

Conclusiones

Colectivamente, este estudio muestra los vínculos entre las regiones del Desierto de Chihuahua y del Llano Estacado, logrando visualizar a ambas regiones como un sistema geoambiental único en la generación de aerosoles minerales y tormentas de polvos y sedimentos. Consecuentemente, este estudio representa por tanto, una fuente preliminar en los impactos ambientales que pudiesen generarse por las tormentas de polvo con origen en sitio pero con transportación a nivel local, regional y continental inclusive.

Bibliografía

- Arimoto, R. 2001. Eolian dust and climate: relationships to sources, tropospheric chemistry, transport and deposition. *Earth-Science Reviews*, 54, pp 29-42.
- Baddock, M.C., T.E. Gill, J.E. Bullard, M. Dominguez Acosta and N.I. Rivera Rivera. 2011. Mapping a new geomorphology-based dust emission classification: A case study of the Chihuahuan Desert, Mexico/USA. *Journal of Maps*, 2011: 249-259
- Bullard, J.E., S.P. Harrison, M.C. Baddock, N. Drake, T.E. Gill, H. McTainsh and Y. Sun. 2011. Preferential dust sources: a geomorphological classification designed for use in global dust-cycle models. *Journal of Geophysical Research*, 116: 1-20.
- Clausnitzer, H. and M.J. Singer. 1999. Mineralogy of Agricultural Source Soil and Respirable Dust in California. *Journal of Environmental Quality*, 28: 1619-1629.
- Engelbrecht, J.P. and E. Derbyshire. 2010. Airborne Mineral Dust. *Elements*, 6: 241-246.



- Gill, T.E., R.J. Vet, P. Biscaye, E. Bleiweiss and M.P. Shaw. 2006. Recurrent transcontinental dust transport from southwestern North America to Canada, Sixth International Conference on Aeolian Research. University of Guelph, Ontario Canada. Conference abstract and poster presentation. p. 150.
- Gillette, D.A. 1999. A qualitative geophysical explanation for "hot spot" dust emitting source regions. *Contributions to Atmospheric Physics*, 72: 67-77.
- Hai, C., C. Yuan, G. Liu, X. Li, F. Zhang and X. Zhang. 2008. Research on the Components of Dust Fall in Hohhot in Comparison with Surfaces Soil Components in Different Lands of Inner Mongolia Plateau. *Water Air and Soil Pollution*, 190: 27-34.
- Janugani, S., V. Jayaram, S.D. Cabrera, J.G. Rosiles, T.E. Gill and N.I. Rivera Rivera. 2009. Directional Analysis and Filtering for Dust Storm Detection in NOAA-AVHRR imagery. *Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral and Ultraspectral imagery XV*. Proceedings of the SPIE 7334, 73341g, doi: 10.1117/12.820235, 12 pp.
- Lee, J.A., T.E. Gill, K.R. Mulligan, M. Dominguez Acosta and A.E. Pérez. 2009. Land use/land cover and point sources of the 15 December 2003 dust storm in southwestern North America. *Geomorphology*, 105: 18-27.
- Novlan, D.J., M. Hardiman and T.E. Gill. 2007. A synoptic climatology of blowing dust events in El Paso, Texas from 1932 - 2005 J3, 12, 13 p. 16th Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, January 2007, San Antonio, TX, preprint in digital format, <http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/115842.pdf>.
- Pope, C.A. and D.W. Dockery. 2006. Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that connect. *The Journal of the Air & Waste Management Association*, 56: 709-742.
- 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.
- Prospero, J.M., P. Ginoux, O. Torres, S.E. Nicholson and T.E. Gill. 2002. Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the NIMBUS 7 total ozone mapping spectrometer (TOMS) absorbing aerosol product. *Reviews of Geophysics*, 40: 2-31.
- Rivera Rivera, N.I., T.E. Gill, M.P. Bleiweiss and J.L. Hand. 2010. Source characteristics of hazardous Chihuahuan Desert dust outbreaks. *Atmospheric Environment*, 44: 2457-2468.
- Rivera Rivera, N.I., T.E. Gill, K.A. Gebhart, J.L. Hand, M.P. Bleiweiss and R.M. Fitzgerald. 2009. Wind modeling of Chihuahuan Desert dust outbreaks. *Atmospheric Environment*, 43: 347-354.
- Sokolik, I.N. and O.B. Toon. 1996. Direct Radiative Forcing by Anthropogenic Airborne Mineral Aerosols. *Nature*, 381: 681-683.
- Washington, R., M. Todd, N.J. Middleton and A.S. Goudie. 2003. Dust-Storm Source Areas Determined by the Total Ozone Monitoring Spectrometer and Surface Observations. *Annals of the Association of American Geographers*, 93: 297-313.
- Wilson, W. E., and H.H. Suh. 1997. Fine Particles and Coarse Particles: Concentration relationship relevant to epidemiological studies. *Journal of Air & Waste Management Association*, 47: 1238-1249.





RELACIÓN DE LAS COMUNIDADES VEGETALES CON EL SUELO EN EL ECOSISTEMA DESÉRTICO DE SAMALAYUCA, CHIHUAHUA

Quiñóñez-Martínez, M.^{1*}; Flores-Margez, J.P.¹; Hernández-Villalobos A.N.¹; Olivas-Sánchez, M.P.¹; Enríquez-Anchondo, I.D.¹

¹Instituto de Ciencias Biomédicas, Ciudad Juárez, Chihuahua, México.

*mquinone@uacj.mx; Calle Anillo Envoltante del Pronaf y Estocolmo sin Núm. Zona pronaf, Ciudad Juárez, Chihuahua. México. CP 32310; Tel. +52(656)-688-1886

Resumen

En el ecosistema desértico del municipio de Juárez, en el norte de Chihuahua, se desarrollan diferentes tipos de comunidades vegetales diferenciados por su estructura y dinámica vegetal, que van cambiando en su densidad y distribución debido a los cambios que sufre el suelo en base al clima y otros factores. El objetivo del presente trabajo es identificar la riqueza y densidad de las especies por comunidades vegetales y sus relaciones con la textura y calidad del suelo. El estudio se realizó en el ejido Villa Luz, y el desierto de Samalayuca, Chihuahua. Se caracterizaron cuatro tipos de comunidad vegetal: Matorral de gobernadora (MIPG); matorral mediano subinermé (MMS); Pastizal amacollado abierto (PAA) y Matorral de Médanos (MDM). La comunidad MMS destacó por su mayor riqueza de especies vegetales en relación a una alta concentración de fósforo en el suelo. La zona de MDM, basada por el mayor porcentaje de arena y la más baja concentración de nutrientes en el suelo en relación con especies arbustivas con una raíz fuerte y bien desarrollada para adaptarse a estas condiciones de suelo. Por último, la comunidad MIPG dominada en densidad y cobertura por *Larrea tridentata*, presentó una textura arenosa-franca y una concentración baja en nutrientes, lo cual indica que puede existir otro tipo de estrategia para que esta especie sea exitosa en este medio tan pobre en cuanto a calidad del suelo.

Palabras clave

Matorral; Vegetación; Desierto; Samalayuca.

Introducción

En el desierto chihuahuense, principalmente en el norte del estado de Chihuahua, existen diferentes tipos de comunidades vegetales dentro del ecosistema desértico, diferenciados por su tipo de suelo, estructura y dinámica vegetal (Sosa *et al.*, 2006).

En estos ecosistemas la vegetación soporta condiciones climáticas adversas, largos periodos de sequía, altas temperaturas, suelos principalmente arenosos con alto contenido de sales y grado de erosión, además de bajos niveles de nutrientes (Enríquez, 2003). Soportan en apariencia una baja diversidad biológica, aunque se estima que en el matorral xerófilo existen más de 6,000 especies de plantas suculentas, características de las zonas áridas. Estas condiciones naturales y en algunos casos antropogénicas, han propiciado cambios o adaptaciones en las comunidades biológicas para sobrevivir y crecer como parte de los procesos evolutivos, presentando un elevado grado de endemismo vegetal, por ello es



importante Identificar y analizar las comunidades vegetales y sus relaciones con el suelo y el ambiente.

Materiales y Métodos

Área de estudio.

El área estudiada se localiza en el desierto de Samalayuca, cercano al ejido Villa Luz, Municipio de Juárez, Chihuahua (Figura 1). Forma parte de la provincia fisiográfica de cuencas y sierras y en la sub-provincia, llanuras y médanos del norte de chihuahua (Enriquez, 2003).



Figura 1. Paisaje de Matorral de Médanos, Samalayuca, Chihuahua

Trabajo de campo.

Se realizaron tres muestreos en el área de estudio durante el mes de julio de 2012-2013. En cada sitio de muestreo se trazaron cuatro líneas de transecto de 50 metros y se generaron parcelas de 25 x 25 metros para la obtención de frecuencias de especies vegetales. Así mismo se colectaron ejemplares no identificados y que no se encuentren en status de conservación, y fueron depositados en una prensa botánica para su traslado y posterior identificación en el Laboratorio de Biodiversidad de la UACJ.

Análisis Ecológico.

Se determinaron algunos parámetros ecológicos como: riqueza de especies en el área, abundancia relativa, frecuencia, dominancia por especie para determinar el tipo de comunidad vegetal (Krebs, 1985; Moreno, 2001).

Muestreo de suelo.

Se tomaron submuestras de suelo de 500 gr de 0 a 30 cm de profundidad, las cuales fueron mezcladas para obtener muestras compuestas de cada sitio de muestreo, así se obtuvieron 4 repeticiones por zona de muestreo, las muestras de suelo fueron depositadas en bolsas de polietileno para su traslado y posterior análisis en laboratorio.

Parámetros del suelo



Cada muestra de suelo fue secada a temperatura ambiente y tamizada; y se les realizaron análisis físicos y químicos como: pH, textura, conductividad eléctrica, porcentaje de humedad, nitrógeno mineral y fósforo extractable. El pH se midió con potenciómetro, la conductividad eléctrica con conductímetro (para estos dos análisis se realizó un extracto de saturación por bomba de vacío), la textura de suelo por el método de Bouyoucos, el nitrógeno mineral se midió por el método micro-Kjeldahl y el fósforo por el método de Olsen (NOM-021-RECNAT-2000).

Resultados y Discusión

Comunidades vegetales:

Matorral inerme parvifolio de gobernadora (MIPG).

Larrea tridentata representa el 38% del total de individuos presentes en el área, mientras que hay 21 especies que cuentan con menos del 3, representando así el 23% de los individuos (en este grupo podemos encontrar algunas especies del género *Opuntia*, como *Opuntia violacea*, *Opuntia leptocaulis* y *Opuntia engelmannii*). También las plantas del género *Sporobolus* representan el 10% de esta comunidad vegetal (Figura 2).

Matorral mediano subinerme (MMS).

En esta zona se registraron 25 especies con menos del 3% de la abundancia total, entre las cuales podemos destacar a *Fouquieriasplendens* y *Yucca elata* (agrupadas representan el 24% de los individuos registrados); *Larrea tridentata* representó el 23% de los individuos de la zona y *Bahiaabsintifolia* presentó un 19% de individuos (Figura 3). En esta zona al igual que en MIPG se puede apreciar como *Larrea tridentata* presentó la mayor abundancia de individuos.

Pastizal amacollado abierto (PAA).

Partheniumincanum representa el 36% de los individuos de la zona, seguido por 22 especies con menos del 4%, donde se agrupan la mayoría de las cactáceas, representando así el 24% de los individuos; el 9% de los individuos está representado por *Fouquieriasplendens* (Figura 4). En esta comunidad destaca la diversidad de especies de gramíneas en la parte alta de los lomeríos.

Matorral de médanos (MDM).

Gutierreziasarothra representa al 37% de los individuos de la comunidad vegetal, mientras que 8 especies con menos del 4% representan el 23% de los individuos (en este grupo podemos ubicar a las Asteráceas); *Yucca elata* presenta una alta abundancia con el 19% del total de los individuos, mientras que *Prosopisjuliflora* solo representa el 7% de los individuos de la zona (Figura 5), aunque en términos de cobertura es la de mayor representatividad.

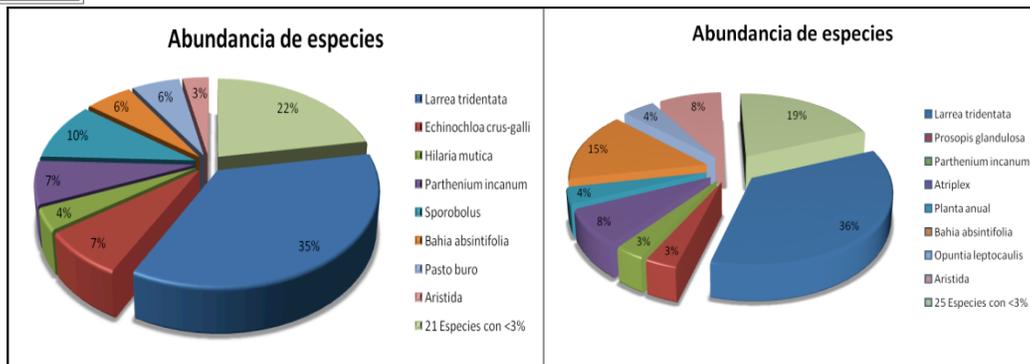


Figura 2. Abundancia de especies de MIP (%) Figura 3. Abundancia de MMS (%)

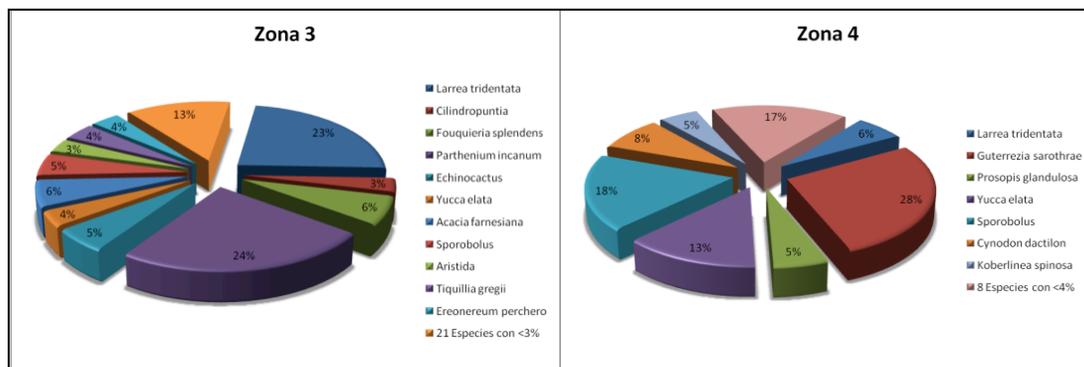


Figura 4. Abundancia de PAA (%) Figura 5. Abundancia de MDM (%)

Caracterización del suelo por comunidad vegetal.

La caracterización del suelo para las comunidades vegetales se realizó en base a las medias de los parámetros evaluados (Cuadro 3) y con base en la NOM-021-SEMARNAT-2000.

En MIPG la textura del suelo fue arenosa franca, con un pH de 7.80, clasificándolo como un suelo medianamente alcalino, mientras que la conductividad eléctrica fue de 1059 $\mu\text{S}/\text{cm}$, considerándose así como un suelo con efectos despreciables de salinidad. En cuanto al contenido de nitrógeno inorgánico ($\text{NH}_4 + \text{NO}_3$) del suelo se tiene que fue de 17.56 mg/kg y lo clasifica como un suelo con bajos niveles de nitrógeno; mientras que el contenido de fósforo fue de 23.06 mg/kg de suelo, clasificándolo como un suelo con altos niveles de fósforo.

La textura del suelo para MMS fue arenosa franca, con un pH de 7.99, siendo clasificado como un suelo medianamente alcalino y con una conductividad eléctrica de 1,213.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, es decir que presenta efectos despreciables de salinidad; mientras que el nitrógeno inorgánico presente en la zona fue de 17.73 mg/kg de suelo, clasificándolo como un suelo con bajos niveles de nitrógeno, y el contenido de fósforo fue de 72.50 mg/kg de suelo, clasificándolo como un suelo con altos niveles de fósforo.

Mientras que en la comunidad vegetal PAA, la textura del suelo fue franco arenosa, con un pH de 7.69 considerándose un suelo medianamente alcalino, y con una conductividad eléctrica de 688.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que significa que presenta efectos despreciables de salinidad, por otra parte el nitrógeno de 9.17 mg/kg de suelo, clasificándolo como muy bajos niveles de nitrógeno, y la



cantidad de fósforo presente fue de 32.86, clasificándose como un suelo con alto contenido de fósforo.

En MDM la textura del suelo fue arenosa, con un pH de 7.98, clasificándose como un suelo medianamente alcalino y una conductividad eléctrica de 1481 μ S/cm, siendo un suelo con efectos despreciables de salinidad, mientras que el nitrógeno inorgánico es de 6.68 mg/kg de suelo, clasificándolo como niveles muy bajos de nitrógeno y la cantidad de fósforo en la zona fue de 23.64 mg/kg de suelo, es decir, es un suelo con altos niveles de fósforo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Medias de los parámetros del suelo analizados

PARAMETROS	COMUNIDAD VEGETAL			
	MIPG	MMS	PAA	MDM
pH	7.8	7.9	7.6	7.9
C.E. (μ S/cm)	1059.7	1213.5	688.25	1481
Temperatura ($^{\circ}$ C)	22.5	21.75	19.27	21.37
Nitrógeno inorgánico (mg/kg)	17.56	17.73	9.17	6.68
Fósforo asimilable (mg/kg)	23.06	72.50	32.86	23.64
Arena (%)	88.7	88.24	64.74	98.2
Limo (%)	13.28	13.2	37.7	3.78
Arcilla (%)	1.98	1.44	2.44	1.98
Textura	Arenosa-Franca	Arenosa-Franca	Franco-Arenosa	Arenosa

Conclusiones

En el ecosistema desértico del norte de Chihuahua, específicamente en el desierto de Samalayuca existe una diversidad de comunidades vegetales caracterizadas en mayor o menor grado por especies vegetales, principalmente: *Larrea tridentata*, *Fouqueirasplendens*, *Prosopis glandulosa* y *Yucca elata*, que generan tipos de comunidades característicos en base a la densidad, abundancia y cobertura de estas y otras especies. Estos resultados de vegetación sirven como indicadores del tipo de suelo basado en la estructura y concentración de nutrientes principales. Así pues, se observan zonaciones de comunidades vegetales características en base a zonaciones de tipo de suelo, destacando la presencia de *Prosopis glandulosa* y *Guterretziasarothrae* en suelos muy arenosos, pobres en nitrógeno y fósforo. En suelos con altas concentraciones de fósforo se encontró la mayor riqueza de especies vegetales, pudiendo servir como un indicador de adaptación de las especies en este tipo de suelo. Finalmente, el matorral dominado en densidad y cobertura de *Larrea tridentata* (gobernadora) presento una baja concentración de nutrientes en el suelo, sugiriendo que dicha planta tiene estrategias de adaptación morfo-fisiológicas que permiten ser exitosa en este tipo de suelo y ambientes tan austeros como lo es el desierto de Samalayuca.



Bibliografía

- COTECOCA-SARH.1978. Tipos de vegetación, sitios de productividad forrajera y coeficientes de agostadero para el estado de Chihuahua. Comisión Técnico consultiva para la determinación regional de los coeficientes de agostadero.151pp
- Enríquez, I.2003. Las Cactáceas de Samalayuca. Ciencia en la Frontera. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. 2(1):55-62 p.
- Krebs,J. Ch.1985. Ecología. Estudio de la distribución y Abundancia.Harla, S.A. México. D.F. 753 p.
- Moreno C.2001. Métodos para medir la Biodiversidad. 1ª edición.CYTED, ORCYT, S.E.A. 83 p.
- Sosa, M., J.L. Galarza, T. K. Lebgue, R. Soto y S. Puga.2006. Clasificación de las comunidades vegetales en la región árida del estado de Chihuahua.Ecología Aplicada. 5:53-59.





ADSORCIÓN DE CO₂ EN SUELOS DE AGROECOSISTEMAS DE SAN JUAN AMECAC, PUEBLA, MÉXICO

Quiroz-Estrada, K.F.^{1*}; Hernández-Espinosa M.A.²; Rubio-Rosas, E.³; Portillo-Reyes R.⁴; López-Reyes, L.⁵

¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, Pue, México.

*kadaroz@hotmail.com; 24 sur y Avenida San Claudio. Edificio 103-O, Complejo de Ciencias, Ciudad Universitaria, Puebla, Pue, México. CP 72570. Tel. +52 (222) 229-5500 Ext. 7270.

Resumen

La adsorción de CO₂ fue estudiada mediante el método de cromatografía de gases, se utilizó el modelo de adsorción de Freundlich y Langmuir para el tratamiento de los datos de las isothermas encontradas en el intervalo de temperaturas de 453 a 573 K. La evaluación del calor isostérico de adsorción se calculó a partir de la ecuación de Clausius- Clapeyron de las muestras de suelo (SJA1, SJA2, SJA3 y SJA4) con diferente contenido de materia orgánica (MO) y arcilla de San Juan Amecac, Puebla, México. Las morfologías fueron evaluadas mediante técnicas de difracción de rayos X (DRX), espectroscopia de energía dispersiva (EDS) y microscopia electrónica de barrido (MEB). Los resultados DRX muestran que el suelo SJA4 posee la fase cristalina Caolinita, una de las materias primas no metálicas de mayor consumo e importancia industrial. En cuanto a la adsorción de CO₂ la muestra H3 presenta una mayor adsorción con temperaturas de 453 K a 363 K. La muestra H1 denota una mayor cantidad de CO₂ adsorbido en el intervalo de temperaturas de 453 a 573 K.

Palabras clave

Freundlich, Langmuir, Caolinita.

Introducción

Las prácticas de manejo agrícola y forestal modifican las propiedades inherentes a la fertilidad física del suelo, debido a que se modifica la interacción entre las fracciones mineral y orgánica y, por ende, el arreglo estructural de las partículas edáficas. Este impacto variará según la superficie específica y alterará la capacidad productiva del suelo (Salcedo *et al*, 2007).

La conversión de ecosistemas naturales en agroecosistemas constituye la fuente principal de emisiones de CO₂, no solo por la pérdida de la biomasa de las plantas, sino también por el aumento de la descomposición de la materia orgánica del suelo. Se estima que las emisiones de CO₂ del sector agrícola representan del 21% al 25% del total (Rioset *al*, 2011).

Puebla es una entidad con reconocidas reservas de recursos minerales no metálicos por lo que es imprescindible conocer la ubicación, propiedades y posibles usos de este tipo de recursos. Dentro de los recursos minerales no metálicos sobresale la caolinita, feldespato, wollastonita, bentonita y otras arcillas, por lo que en este trabajo de investigación se plantea como objetivo primordial el estudio de la porosidad de suelos de agroecosistemas por medio de diferentes técnicas experimentales con el fin de anticipar su aplicación ya sea en procesos de remoción



de contaminantes atmosféricos por medio de estudios de adsorción del CO₂ o en el aprovechamiento de ciertos yacimientos de arcillas, ubicados en una zona de alta marginación: San Juan Amecac, Puebla, México.

Materiales y Métodos

Análisis físicos, químicos y biológicos de suelos

Los análisis físicos consistieron en la determinación de la textura la cual se calculó mediante la relación de los porcentajes de arena, limo y arcilla por el método de Bouyoucos (Bouyoucos, 1962), se determinó el pH por el método potenciométrico y la densidad real por picnometría (Terés, 1995). En cuanto a los análisis químicos se analizó el contenido de Materia orgánica (MO) y Carbono Orgánico Total (COT) por el método de Walkley y Black (Walkley y Black, 1934), nitrógeno total mediante el método semi-micro-Kjeldahl. (Bremmer, 1965) y la capacidad de intercambio catiónico por el método de acetato de amonio a pH 7.0. El análisis microbiológico del suelo se realizó mediante el conteo de bacterias totales en medio de cultivo Agar Soya Tripticaseína (TSA) e incubación de placas durante 48 horas a 28°C (Calvo, 2008).

Difracción de Rayos X (DRX), Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) y Espectroscopia por Dispersión de Energía (EDS)

Los patrones de difracción de Rayos-X se obtuvieron con un difractor Bruker D8 Discover utilizando radiación Cu K $\alpha=0.154$ nm, operando a 40 kV y 30 mA. Las muestras fueron sometidas a un barrido 2θ desde 5° hasta 90° usando un paso 2θ de 0.03 y un tiempo de conteo de 2 segundos. Las micrografías MEB y la composición química elemental de cada muestra se obtuvo con un microscopio electrónico Jeol JSM-6610LV con filamento de tungsteno y detector de electrones para determinar composición química, operado a 30 kV.

Cromatografía de Gases - Adsorción de CO₂

Las propiedades de adsorción de los suelos estudiados fueron evaluados usando un cromatógrafo de gases GOW- MAC, las columnas cromatográficas fueron de acero inoxidable (diámetro interno de 5 mm y longitud de 50 cm), empacadas con los suelos a estudiar (1 - 2 gramos). El He fue usado como gas de arrastre a una velocidad de 30 cm³ min⁻¹. Antes de realizar las corridas cromatográficas los compuestos adsorbentes fueron deshidratados a una temperatura de 300 °C durante 3 horas (Hernández *et al*, 2010).

Resultados y Discusión

El Cuadro 1 muestra los resultados de las características físicas, químicas y biológicas estudiadas, las muestras SJA1 y SJA2 presentaron textura Franco Arenosa. El porcentaje de Materia Orgánica (MO), Carbono Orgánico Total (COT), N₂ Total y la población microbiana comparten la siguiente secuencia descendiente en la forma: SJA1>SJA2>SJA3> SJA4. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) manifiesta la siguiente secuencia:

SJA1>SJA3>SJA2>SJA1. Por su parte, el pH, exhibe el siguiente comportamiento: SJA4>SJA1>SJA2>SJA3. De esta tabla se observa que la densidad es mayor en SJA3 seguida de SJA2, esta a su vez es mayor que SJA4 y SJA1.



Cuadro 1. Análisis físicos, químicos y biológicos en muestras de suelo de San Juan Amecac, Puebla, México.

	SJA1	SJA2	SJA3	SJA4
Análisis Físicos				
Textura	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Arenoso Franco	Franco-arcillo-arenoso
Densidad Real (g/cm³)	1.665	2.725	3.137	2.067
Análisis Químico				
pH	6.3	5	4.6	7.1
Materia Orgánica (%)	1.9	1.7	1.6	0.35
Carbono Orgánico Total (%)	1.1	0.98	0.93	0.2
N₂ Total (%)	0.105	0.095	0.085	0.027
Análisis Biológico				
Población bacteriana (UFCg⁻¹)10⁷	8.50	5.20	3.43	0.167

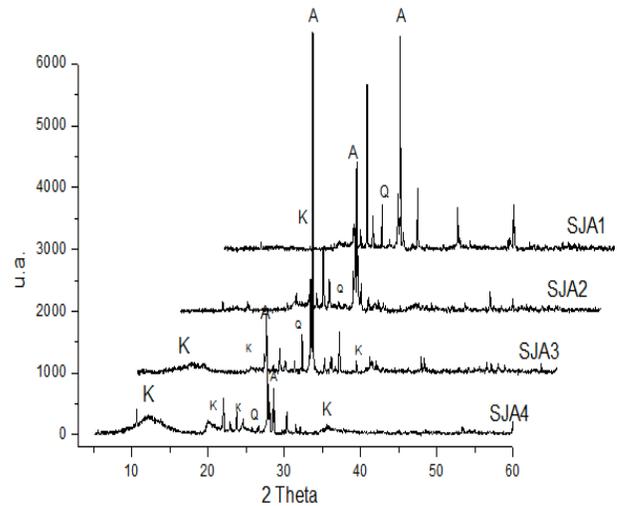


Figura 1. Difracción de Rayos de los suelos estudiados. K=Caolinita - Al₂Si₂O₅(OH)₄, Q=Cuarzo

Las señales del espectro de Difracción de Rayos – X, se muestran en la figura 1, siendo de mayor relevancia en el suelo SJA4, seguido del SJA3, la fase cristalina el caolín, también hay que destacar la presencia de un contenido importante de cuarzo y feldespato del tipo Albita.

Las señales características para la caolinita están ubicadas en 2θ: 12.04°, 20.09, 23.7 y 35. 65. Este comportamiento en los patrones de difracción de rayos X obtenidos son similares a resultados reportados previamente (Guillén *et al*, 2012). Los datos de composición química evaluados por EDS se observan en el cuadro 2. De esta tabla se puede observar el establecimiento de la siguiente secuencia de la relación Si/Al: SJA2 > SJA1> SJA3 >SJA4.

Los calores isostéricos de adsorción de CO₂ en función de la cantidad adsorbida se muestran en la Figura 2. Los cuales se comportan de manera decreciente al tener la secuencia SJA3>SJA4>SJA1>SJA2 ya que el calor isostérico de adsorción disminuye con el incremento de la cantidad de sustancia adsorbida, cuando el adsorbente es energéticamente heterogéneo (Hernández y Aguilar, 2002).



Cuadro 2. Composición química (%) de suelos estudiados.

	SJA1	SJA2	SJA3	SJA4
Al ₂ O ₃	27.001	14.3227	15.380	17.119
CaO	1.021	7.247	1.623	2.7564
Na ₂ O	2.048	2.264	1.550	2.520
SiO ₂	64.539	48.516	31.553	33.392
Fe ₂ O ₃	7.306	10.737	14.812	2.516
K ₂ O	0.710	0.590	-	-
TiO ₂	1.268	2.085	-	-
MgO	-	10.5799	-	-
Si/Al	2.390	3.387	2.051	1.95

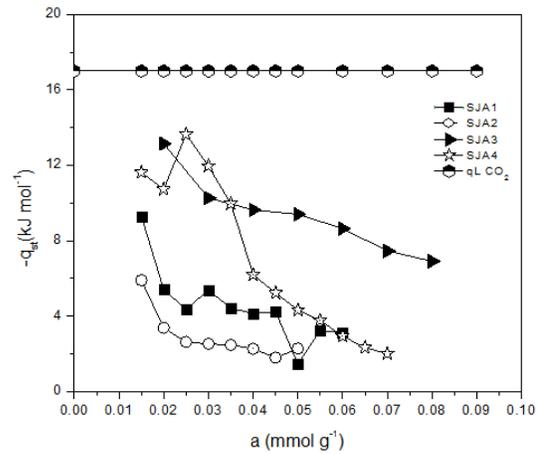


Figura 2. Calores isotéricos de adsorción de los suelos estudiados.

Los puntos experimentales de las isotermas de CO₂ estimadas en el intervalo de 300 a 180 ° C, fueron descritos favorablemente por la ecuación de Freundlich en sus coordenadas lineales indicando heterogeneidad de los sitios de adsorción con coeficientes de correlación de 0.996 a 0.999, lo cual no sucedió con la ecuación de Langmuir que obtuvo coeficientes de 0.958 a 0.995. Los valores de las constantes de Freundlich K_F , la capacidad de la monocapa de Langmuir a_m , están dados en la Tabla 3. La ecuación de Langmuir considera la interacción de las uniones unimoleculares y la de Freundlich es una ecuación empírica de interacción de la sustancia adsorbida con el adsorbente, lo que puede estar relacionado con la disposición de elementos en el suelo (López *et al*, 2012).

Cuadro3. Valores de los modelos de adsorción de Freundlich y Langmuir de los suelos en estudio.

Muestra	SJA1				SJA2				SJA3				SJA4			
	573	513	483	453	573	513	483	453	453	423	393	363	573	513	483	453
T(K)	573	513	483	453	573	513	483	453	453	423	393	363	573	513	483	453
R	0.997	0.999	0.997	0.997	0.999	0.999	0.999	0.997	0.995	0.999	0.998	0.996	0.998	0.999	0.999	0.998
N	1.557	1.398	1.453	1.598	1.443	1.47	1.497	1.591	1.38	1.555	1.008	1.673	1.691	1.739	1.795	1.84
K _F	0.014	0.011	0.0122	0.016	0.006	0.006	0.0064	0.007	0.019	0.024	0.027	0.0312	0.012	0.013	0.014	0.015
R	0.981	0.994	0.995	0.972	0.994	0.984	0.974	0.954	0.958	0.992	0.989	0.99	0.992	0.979	0.982	0.985
a _m	0.122	0.149	0.136	0.11	0.092	0.079	0.067	0.055	0.29	0.245	0.209	0.197	0.099	0.092	0.09	0.088
K _L	0.092	0.077	0.101	0.2	0.046	0.067	0.088	0.139	0.056	0.084	0.133	0.172	0.098	0.121	0.14	0.158

La capacidad de monocapa de Langmuir a_m (mmol g⁻¹), Langmuir K_L (mmHg⁻¹), Freundlich K_F (mmHg⁻¹) y R Coeficiente de correlación lineal.



Conclusiones

Es esta investigación se caracterizaron una serie de muestras porosas de suelo de la localidad de San Juan Amecac, Puebla, México, dentro de los que sobresalen por su misma naturaleza y por el potencial presentado en los aspectos estudiados de difracción de rayos X y adsorción de CO₂ estructuras porosas distintas, atribuibles a fases cristalinas que constituyen las arcillas encontradas, dentro de las cuales sobresale por su naturaleza la muestra SJA4, la cual presenta la fase cristalina caolinita, misma, que se ubica dentro de las arcillas más importantes por su aplicación industrial. En cuanto al CO₂ se presenta una adsorción física al encontrarse los calores isostéricos por debajo del calor de condensación y un mejor ajuste al aplicar la ecuación Freundlich por la superficie heterogénea del suelo.

Bibliografía

- Bouyoucos, G. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil, *Agron. J.* 54: 464-465.
- Bremner, J.M. 1965. Total nitrogen. In: C. A. Black (ed.), *Methods of Soil analysis. Part 2. Agronomy 9. American Society of Agronomy. Madison.* Pp 1149-1178.
- Calvo, P., L.R. Meneses y Zúñiga-Dávila D. 2008. Estudio de las poblaciones microbianas de la rizósfera del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en zonas Altoandinas. *Ecología Aplicada.* 7:141-148.
- Guillen J. A., S. Bribiesca y R. Escudero. 2012. Caracterización y evaluación de un depósito de Caolín de “Los Azufres” Michoacán, México, para su uso industrial. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio.* 51: 329-336. doi: 10.3989/cyv.452012. (Disponible en línea desde Noviembre 2012).
- Hernández, M.A., R. Portillo., M. A. Salgado., F. Rojas., V. Petranoskii., G. Pérez y R. Salas. 2010. Comparación de la capacidad de adsorción de CO₂ en clinoptilolitas naturales y tratadas. *Químicamente. Superficies y Vacío.* 23: 67-72.
- Hernández, R. y Aguilar G. 2002. Calores isostéricos de adsorción de CO₂ en zeolitas naturales mexicanas. *Journal of the Mexican Chemical Society.* 46: 109-114.
- López, L., M.A. Hernández, J. Ruiz, M. Carcaño, G. Medina, R. Portillo. 2012. Adsorción de ácidos carboxílicos de origen vegetal y bacteriano en un suelo agrícola. *Terra Latinoamericana.* 30: 261-270.
- Rios, H., D. Vargas, y F. Funes. *Innovación agroecológica, adaptación y mitigación del cambio climático.* 2011.
- Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Cuba.
- Salcedo, E., A. Galvis., T. Hernández., R. Rodríguez., F. Zamora., R. Bugarin y R. Carrillo. 2007. La humedad aprovechable y su relación con la materia orgánica y superficie específica del suelo. *Terra Latinoamericana.* 25: 419-425.
- Teres, V., V. Arrieta, J. Sánchez, M. Lucas y E. Ritter. 1995. Evaluación de la densidad real de sustratos de cultivo por el método de inmersión. *Inv. Agr. Prod. Veg.* 10: 231-244.
- Walkley, A. y T.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38.





CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO Y EL FRUTO EN HUERTAS NOGALERAS EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA [CARYA ILLINOINENSIS (Wangenh) C. Koch]

Rangel-Rodríguez, C.A.¹; Carrillo-De la Rosa, L.A.^{2*}; Álvarez-Parrilla, E.²;
Flores-Margez, J.P.²; García J.R.²

¹Estudiante de Doctorado en Ciencias Químico Biológicas, Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez Chihuahua.

² Docentes e Investigadores, Doctorado en Ciencias Químico Biológicas, Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Ciudad Juárez Chihuahua. Anillo Envoltente PRONAF y Estocolmo s/n. Zona PRONAF. C.P. 32310. Tel. +52(656)-6881800, ext.1861. Autor responsable: delaros@uacj.mx

Resumen

La nuez pecanera obtenida del árbol *Caryaillinoensis*, se cultiva a nivel mundial, siendo México el segundo país en producción y exportación de nuez y, Chihuahua, es el principal Estado en producción y exportación del mismo. Se conoce poco sobre los cambios físicos y químicos en fruto de árbolespecaneros del Estado de Chihuahua, cambios ocasionados por el ambiente, la zona geográfica de cultivo, así como por las prácticas agrícolas utilizadas por distintos productores. El principal objetivo fue determinar las diferencias entre variables de calidad del fruto encuatro regiones del Estado de Chihuahua y asociarlas a factores ambientales incluido el suelo y prácticas agrícolas. Se recolectaron muestras de fruto, hoja y suelo de huertos en cuatro regiones del Estado; los huertos fueron del Valle de Juárez (VJ), Flores Magón (FM), Delicias (Del) y Jiménez (J). De acuerdo a los resultados, se observó diferencia significativa para los valores de pH del suelo ($p=0.041$ y 0.01), dentro de una misma localidad y entre las regiones Norte (VJ y FM) y Sur del Estado (Del y J). La conductividad eléctrica del suelo presentó diferencia significativa solo entre regiones ($p=0.01$). La concentración de nutrientes como el nitrógeno en forma de nitratos (NO_3) del suelo, se observó una diferencia significativa entre los huertos de FM ($p=0.000$), no encontrando efecto entre regiones y, en concentración de fosforo (P)Olsen del suelo, la localidad de VJ fue significativamente mayor a las demás ($p=0.000$). En resultados respecto al fruto, el peso, longitud y ancho, presentaron una diferencia significativa entre huertos y regiones.

Palabras clave:

Suelo, fruto, huertas, regiones.

Introducción

Como resultado de las diferentes condiciones ambientales y manejo en el tratamiento de huertas productoras de nuez pecanera, en el Estado de Chihuahua, México, en la zona Sur y Norte del Estado, existe la posibilidad de que estos huertos presenten cambios en el fruto, como es el tamaño, longitud y peso. Estudios anteriores con estas poblaciones de nogal, demostraron que existen diferencias entre los niveles de antioxidantes y polifenoles



totales en la cascara de nuez, entre la localidad Norte y Sur del Estado de Chihuahua. Tales modificaciones, pudieron deberse a una variedad de factores, como pueden ser ambientales, la altitud, precipitación pluvial, así como la variación de temperatura. Otro factor importante pueden ser las prácticas agrícolas utilizadas en cada huerto, ya que estas varían entre los mismos, y de productor a productor, utilizando diferentes métodos de fertilización, fumigación, tipo de riego, así como el agua de riego utilizada, pudiendo modificar al fruto. *Caryallinoinensis* distribuye principalmente en el Norte de México y Sur de los Estados Unidos, donde existen varias poblaciones (Venkatachalam *et al*, 2007). Este producto tiene gran impacto económico a nivel mundial, tanto para Estados Unidos de Norte América como para México, ya que ambos países son los principales productores de nuez pecanera en el mundo (90% al 95%). Diversos estudios han demostrado que algunos factores ambientales, como fertilización y tipos de suelo pueden generar cambios en el fruto, pudiendo alterar las propiedades nutricionales del mismo (Wood *et al.*, 1998, Gang, *et al* 2008 y Xiao D. *et al*, 2011).

Materiales y métodos

Diseño experimental

Se seleccionaron cuatro poblaciones de nogal distribuidas en cuatro regiones del estado de Chihuahua (Jiménez, Delicias, Flores Magón y Valle de Juárez). Dentro de cada población se seleccionaron tres huertos por localidad, recolectando muestras de cinco árboles de cada huerto seleccionados al azar, dando un total de 15 árboles por localidad, situados en zonas de orografía y litología similar. A cada árbol se le determinó su localización geográfica y se obtuvo serie fotográfica de cada árbol.

Determinación de características físicas y químicas del suelo

Textura del suelo (método de Bouyoucos). Se analizaron 50 g de suelo previamente tamizado de cada muestra con hexametofosfato de sodio (NaPO_3)₆ y 150 ml de agua destilada y posteriormente se realizan dos lecturas a diferente tiempo según el método de Bouyoucos, G.J. (1962).

Determinación de pH en suelo. Se analizaron 10 g de suelo previamente tamizado de cada muestra con 10 ml de agua desionizada, posteriormente se pusieron en agitación constante por 15 minutos, posteriormente se dejó reposar por el mismo tiempo, por último se analizó el pH con un potenciómetro previamente calibrado.

Determinación de conductividad eléctrica del suelo. Se analizaron 200 g de suelo tamizado de cada muestra, se hizo una pasta de saturación en un frasco, se agregó agua destilada hasta obtener el suelo saturado y que se formara una “espejo”, se dejó reposar 24 horas y posteriormente se filtró al vacío. El filtrado se recuperó en un frasco y se analizó con un conductímetro se expresó en unidades de dS/m.



Determinación de fósforo en suelo (método de Olsen). Se pesaron 2.5 g de suelo previamente tamizado de cada muestra, se adicionaron 50 ml de solución extractora de Bicarbonato de Sodio (NaHCO_3), para posteriormente agitarse por 30 minutos y filtrarse con papel filtro número 42, según el método de Olsen (Olsen y Sommers, 1954).

Determinación de Nitrógeno. Se determinó el nitrógeno inorgánico (N-NO_3) en 10 g de suelo seco tamizado, mediante la adición de 50 ml de KCl 2N en matraces de 250 ml y en agitación constante por 30 minutos. Posteriormente, la muestra se filtró con papel número 42 y se recolectó en recipientes de plástico. Por último, cada muestra se colocó en viales para su lectura en autoanalizador AA3.

Resultados

El Cuadro 1 muestra los promedios del análisis granulométrico o textura del suelo. Con respecto al porcentaje de arena, se muestra que entre huertos, Delicias (Del) presentó el mayor porcentaje de arena (66%), seguido de los huertos de Jiménez H2 y H1 (J) (45% y 42%) y en menor cantidad, el Valle de Juárez 2 (VJ-H2). Mientras para regiones, de igual manera Del, fue la región con mayor cantidad de arena y el de menor, el VJ. Tanto entre huertos como regiones, presentaron una alta diferencia significativa ($p < 0.001$). **Porcentaje de limo:** La mayor proporción de limo entre huertos, la obtuvo el VJh2, con un 55%, seguido de FMh1 y 3, y el de menor proporción el huerto de Del. Para las regiones fue el mismo resultado, mayor porcentaje de limo para la región VJ y por último la de Del, con una significancia de $p < 0.001$. **Porcentaje de arcilla:** En el porcentaje de arcilla, no se presentó diferencia significativa tanto entre huertos como entre regiones, con una $p > 0.05$. Cuando la textura del suelo es mayormente arenoso, se incrementa el crecimiento de las plantas de nogal en aproximadamente 60 cm, mientras en suelo limoso es de 100 cm, y en suelo arcilloso de 120 cm sin adición de fertilizantes, lo cual indica que los suelos arenosos es menor el tamaño de la planta, a diferencia de los otras texturas (Valdes-Rodriguez et al., 2011).

Alcalinidad (pH): el huerto de Delicias presentó el pH más alcalino, con una media de cerca de 8.0, seguido de los huertos de Jiménez, mientras el pH menos alcalino, lo presentó el huerto de FM-h2, y entre regiones las regiones de Del y JMZ presentaron el pH más alcalino, todos a niveles normales, con una significancia de $p < 0.01$.

Salinidad (CE): la conductividad eléctrica del suelo varió de 0.93 a 1.82 dS/m y no presentó diferencia entre huertos, mientras entre regiones, la de Jiménez presentó el mayor valor, y el menor, la región de FM, con una diferencia significativa de $p < 0.01$. La salinidad se encuentra dentro del rango tolerable para cultivos, tanto entre huertos como entre regiones.



Cuadro 1. Promedios y resultados del análisis de varianza para latextura, salinidad y alcalinidad de los suelos de huertas nogaleras en el Estado de Chihuahua.

	Huertos								Valor de P
	Jiménez (J)		Delicias (Del)		Flores M. (FM)		Valle de Jrz (VJ)		
	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	
% Arena	45	15.59	66	7.01	34	6.67	35	13.74	0.001
% Limo	40	5.83	15	4.6	48	2.28	55	3.03	0.001
% Arcilla	29	4.89	18	3.57	30	4.87	29	1.45	0.125
pH	7.89	0.06	7.99	0.07	7.74	0.43	7.73	0.14	0.041
Conducividad	1.82	0.76	1.56	1.25	0.93	0.13	1.75	1.02	0.056

Cuadro 2. Promedios y resultados del análisis de varianza para la concentración de nitrógeno y fosforo del suelo, peso, longitud y ancho del fruto de nogal entre huertos.

	Huertos								Valor de P
	Jiménez (J)		Delicias (Del)		Flores M. (FM)		Valle de Jrz (VJ)		
	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	Media	Desv. Std	
[N] mg/Kg	11.02b	2.58	11.66b	1.72	23.54a	3.17	18.05ab	6.21	0.001
[P] mg/Kg	20.12ab	6.04	9.66b	4.03	7.2b	1.52	28.73a	2.74	0.001
Peso de nuez (g)	5.57abc	0.34	6.23ab	0.49	5.37abc	0.54	6.46a	0.28	0.001
Longitud de nuez (cm)	3.64bc	0.1	3.76b	0.18	3.67bc	0.13	4.05a	0.14	0.001
ancho de nuez (cm)	1.92abc	0.03	1.99a	0.05	1.91abc	0.02	1.94ab	0.07	0.002

La concentración fue estimada por diferencia (a) – (b). Letra diferente en la misma línea indica la diferencia estadística.

El Cuadro 2 muestra los promedios de concentración de nitrógeno (N) del suelo. El huerto de FM-h2, presentó la mayor concentración de N, seguido del huerto de VJ-h3, y por último, los otros huertos no presentaron diferencia entre ellos, y entre regiones, ninguna presentó diferencia significativa, con un $p < 0.01$. Estudios han demostrado que a mayor concentración de fertilización con N, se incrementa la producción de fruto, el peso, así como un incremento en ácidos grasos poliinsaturados, sin embargo, en otros estudios no existió correlación alguna entre la cantidad de fertilizante con N, con el crecimiento de la planta y el rendimiento (Valdes R. et al., 2011; O’Farrell et al., 2010).

La concentración de fosforo (P) del suelo fue mayor entre los huertos VJ-h2 y VJ-h3, y en menor concentración de FM-h3, con una $p < 0.001$, y entre regiones, la del VJ, obtuvo la mayor concentración de P, mientras las regiones restantes no presentaron diferencia entre ellas. El fosforo es un macronutriente importante, y este se pierde con facilidad, ya sea en el riego o por la lluvia, este macronutriente, al igual que el N, es esencial para el rendimiento y calidad del fruto. En este estudio, los huertos del VJ presentaron los tamaños y pesos más grandes de nuez entre huertos y regiones (Shen et al., 2004).

Con respecto a variables agronómicas, el huerto con mayor peso de fruto (nuez) lo presentó el huerto VJ-h3, seguido del huerto de Delicias, mientras que el de menor peso fue el huerto FM-h3, con una diferencia significativa de $p < 0.001$. Entre regiones, los huertos del VJ y Del, obtuvieron valores similares, sin embargo con una distancia significativa entre los huertos de FM ($p < 0.001$).

Con respecto a longitud del fruto, el huerto de VJ-h3 obtuvo la mayor longitud, seguido del huerto de Delicias, y en menor longitud el huerto FM-h2, con una $p < 0.001$. Al igual que el peso, la longitud presentó un valor similar, siendo las regiones del VJ y Delicias las que obtuvieron el fruto con mayor longitud, y nuevamente la región de FM con la menor longitud, con una diferencia significativa de $p < 0.001$.



El ancho del fruto del huerto de Delicias presentó el fruto más ancho, seguido del huerto VJ-h3, y por último nuevamente el huerto FMh3, con una diferencia estadística de $p < 0.002$. Como se mencionó con anterioridad, los nutrientes son esenciales para el desarrollo del fruto, así como las variables de alcalinidad y salinidad del suelo tienen efecto en el desarrollo y calidad del fruto. En este estudio, los huertos del Valle de Juárez presentaron el fruto de mayor tamaño y peso, siguiendo un patrón coherente en la concentración de N y P, sin embargo el huerto de Delicias contiene menor cantidad de estos nutrientes y mayor porcentaje de arena, sin embargo presenta uno de los frutos más grandes y de mayor peso (Shen et al., 2004).

Conclusiones

Diferencia significativa fue detectada para el pH del suelo dentro de una misma localidad y entre las regiones productoras de nuez. La salinidad del suelo fue diferente significativamente entre regiones. La concentración de nitrógeno del suelo mostró diferencia significativa entre huertos pero no entre regiones y, en concentración de fósforo del suelo, la localidad de VJ fue significativamente mayor a las demás. Respecto al fruto, el peso, longitud y ancho, presentaron una diferencia significativa entre huertos y regiones. Se requiere realizar el análisis de otros nutrientes del suelo y planta de nogal, así como considerar aspectos ambientales y de manejo para tener un diagnóstico completo del estado de las huertas nogaleras del Estado de Chihuahua.

Bibliografía

- Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agron. J.* 54:464- 465.
- Gang Xu., CHunyang, LI., and Yinan Yao. 2009. Proteomics Analysis of Drought Stress-Responsive Proteins in *Hippophae rhamnoides L.* *Plant Mol Biol Rep*, 27:153–161.
- NOM-021-SEMARNAT. 2000. Norma oficial mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis. 31 Diciembre 2002, segunda edición. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 75 p.
- Olsen, S.R. y L.E. Sommers. 1982. Methods of soil analysis. pp. 403-430. In: Page A.L. et al. (ed). *Agronomy 9*, Part 2. 2nd ed. ASA-SSSA. Madison, WI.
- Ojeda-Barrios, D., J. Abadía., L. Lombardini, and S. Vázquez. 2012. Zinc deficiency in field-grown pecan trees: changes in leaf nutrient concentrations and structure. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2 (17-24): 1220-1227.
- Wood B. W., Larry J. G., J.A. Payne. 1998. Provenance Variation in Pecan. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123 (6): 1023-1028.
- Xiao-Dong, J., Toa Wang, Min Zhai., Y-Rong, LI., and Z. Ren G. 2011. Genetic Diversity and Identification of Chinese-Grown Pecan Using ISSR and SSR Markers. *Molecules*, 16, 10078-10092.
- O'Farrell, P. J., Armour, J. D. & Reid, D. J. 2010. Nitrogen use for high productivity and sustainability in cashew. *Scientia Horticulturae*, 124, 19-28.
- Shen, J., Li, R., Zhang, F., Fan, J., Tang, C. & Rengel, Z. 2004. Crop yields, soil fertility and phosphorus fractions in response to long-term fertilization under the rice monoculture system on a calcareous soil. *Field Crops Research*, 86, 225-238.
- Smith, M. W. 2010. Relationship of leaf necrosis and defoliation to phosphorus and potassium. *Scientia Horticulturae*, 125, 117-122.
- Valdes-R., O. A., Sanchez-S., O., Perez-Vazquez, A. & Ruiz-Bello, R. 2011. Soil texture effects on the development of *Jatropha* seedlings – Mexican variety ‘piñón manso’. *Biomass and Bioenergy*, 35, 3529-3536.





FITOEXTRACCIÓN DE NI Y PB EN DOS ESPECIES DE *CHENOPODIUM* DURANTE LA ÉPOCA HÚMEDA EN EL VALLE DEL MEZQUITAL, IXMIQUILPAN, HIDALGO

Ríos-Gómez, R.^{1*}; Guerra-Coss, F.A.¹; Solano, E.¹; Zapata-Cruz, A.¹.

¹Facultad de Estudios Superiores Zaragoza1. México. D.F. México.

*Autor responsable: riosarana44@gmail.com; Calle Batalla 5 de Mayo Núm. s/n, Col. Ejército de Oriente, México, D.F. México. CP 09230; Tel. +52(55)-21794100

Resumen

En este trabajo se analiza el potencial fitoextractor de halófitas del Valle del Mezquital, Ixmiquilpan, Hidalgo y cómo influyen en las condiciones edáficas del sitio. Se eligieron los sitios para muestrear el suelo con base en la presencia o ausencia de costras salinas. A estas muestras se les realizó un análisis físico y químico. Se caracterizó la vegetación para determinar la abundancia de las especies. Asimismo, se recolectaron las muestras vegetales, para analizar la presencia de metales pesados. Este análisis se realizó por medio de digestión ácida, para las muestras de suelo y de tejido vegetal.

Las características físicas y químicas del suelo influyen en la bioacumulación de iones metálicos. Se registró que *Chenopodium berlandieri* y *Chenopodium denticatum* son excelentes fitoextractoras lo cual las hace candidatas para la fitorremediación de suelos salinizados.

Palabras clave

Fitoextractor; Metales; *Chenopodium*.

Introducción

Las aguas residuales son utilizadas para el riego de cultivos en ecosistemas periurbanos debido a que son de fácil acceso y resuelven el problema del abastecimiento de agua. La irrigación con aguas residuales es conocida por contribuir significativamente con la concentración de metales pesados en el suelo. Los metales pesados son muy perjudiciales debido a que no son de naturaleza biodegradable, por su permanencia durante la vida del organismo y por su potencial de bioacumulación en distintas partes del mismo. Algunos de los metales pesados como el plomo, cadmio y níquel son tóxicos, debido a su solubilidad en agua y están considerados como contaminantes prioritarios (Kaiser, *et al.*, 2007).

Bajas concentraciones constantes de metales pesados tienen efectos dañinos para el hombre y los animales, debido a que no hay en el organismo un buen mecanismo para su eliminación. Hoy en día son omnipresentes debido a sus aplicaciones en la industria. Las aguas residuales contienen sustancias que aumentan la toxicidad de los metales causando problemas (Chen, Wang, & Wang, 2005; Sing, Mohan, Sinha, & Dalwani, 2004). La excesiva acumulación de estos en suelos agrícolas debido al riego con aguas residuales, puede no solo resultar en problemas de contaminación de suelos, también puede afectar la calidad y seguridad de los alimentos (Mucheweti *et al.*, 2006). La presencia de Cu, Zn, Pb, Cd, Hg, Fe, Ni y otros metales



tiene un efecto potencial dañino sobre la fisiología humana y otros sistemas biológicos cuando se exceden las concentraciones de tolerancia (Demirbas, 2008).

La forma química en la que se encuentren los metales pesados, influye de manera importante en la disponibilidad de éstos para que puedan ser absorbidos por las raíces de las plantas y posteriormente translocados a otras partes de éstas, los fitosideroforos (una clase de compuestos orgánicos como el ácido mugienico y advenico) exudados por las raíces de muchas plantas especialmente gramíneas, incrementan la biodisponibilidad de los metales en el suelo, entre ellos el Fe, Cu, Zn y Mn entre otros (Thangavel an Subburaam 2004).

La fitorremediación es el uso de plantas para depurar el medio ambiente, esta práctica es amistosa y ofrece una atractiva relación costo-efecto, aprovechada para la remediación de metales pesados en agua y suelos contaminados (Entry *et al.*, 1997; Zhu y Shaw, 2000).

Materiales y Métodos

Muestreo de especies vegetales para evaluar bioacumulación de metales.

Se seleccionaron las especies de halófitas ecológicamente dominantes en los suelos salinos de la localidad. Con base en la metodología recomendada por Champman y Pratt (1973), un total de 20 plantas fueron extraídas incluido su sistema radical. De cada espécimen se tomaron por separado muestras simples de cada órgano (raíz, tallo y hoja), para finalmente formar muestras compuestas de cada órgano a partir de las muestras simples. Las muestras de tejido vegetal fueron transportadas al laboratorio para su análisis en bolsas de papel de estraza debidamente etiquetadas. Previo al análisis, las muestras de tejido vegetal se secaron a la sombra durante 25 días, posteriormente se molieron en mortero, para finalmente proceder a su análisis.

Análisis de suelos

Las muestras de suelo fueron secadas, tamizadas, pesadas y almacenadas de acuerdo con Valencia y Hernández (2002). A cada una de ellas se le analizó química y físicamente. Las pruebas fueron realizadas en el laboratorio de Restauración de Suelos de la FES Zaragoza. El análisis de las muestras de suelo consistió en los siguientes métodos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Determinación de parámetros físicos y químicos del suelo.

Parámetro	Método
Textura	Hidrómetro de Bouyocus (Jackson, 1970)
Contenido de humedad	Retención de humedad del suelo (Anderson e Ingram, 1993)
pH (suelo:agua 1:1)	Con un conductivímetro (NOM-021-SEMARNAT-2000) Conductronic PC 18
CIC	CaCl ₂ (Reyes, 1996)
Materia orgánica	Walkey-Black sin aporte de calor (Anderson e Ingram, 1993)

Cuantificación de metales pesados en tejido vegetal y suelo.

En un matraz Kjeldahl de 30 mL se colocó medio gramo de la muestra a tratar y se le agregaron 4 mL de la mezcla triácida (HNO₃: H₂SO₄: H₂ClO₄ 5:1:1), y se puso en el digestor a punto de ebullición, se reguló la temperatura para evitar que el contenido se derramara, cuando el volumen de los ácidos se redujo, se dejó enfriar y se le pusieron otros 4 mL de mezcla triácida, se colocó por dos horas a reflujo lento, pasado este tiempo se le agregaron 5mL de peróxido de hidrógeno y continuó la ebullición a reflujo lento, el color de la solución



cambió hasta convertirse en incoloro, cuando se aclaró la muestra se dejó enfriar y se aforó a 50 mL con agua desionizada. De manera paralela se procesó una muestra blanco y se preparó una curva de calibración en concentraciones para cada uno de los elementos. La cuantificación de metales en los extractos se realizó por espectroscopia de absorción atómica.

Resultados y Discusión

El pH es uno de los factores más importantes para la movilidad de los metales pesados, el rango óptimo para la disponibilidad de estos se encuentra entre 5.5 – 7.5 (Amir, 2005; Meers, 2007), aunque las concentraciones del sitio estudiado exceden el intervalo, el pH no fue un factor limitante en la absorción de metales por las especies del género *Chenopodium*. El efecto del pH también puede verse disminuido debido a la movilidad que presentan los metales al solubilizarse ya que en el sitio se tiene una retención de humedad mayor al 50% en todas las profundidades (Cuadro 2).

Cuadro 2. Propiedades físicas y químicas del suelo.

Profundidad	pH	M.O. (%)	C.I.C meq/100g	Textura	Retención de humedad (%)	Pb meq/100g	Ni meq/100g	M.O = Mate ria orgá nica, C.I.C = Cap acid ad de inter cam bio cатиó
0-5 cm	8,21	5,91	50,63	Migajón arcilloso	57,88	12,316	3,504	
5-15 cm	8,14	3,59	36,08	Migajón arcilloso	63,70	12,471	3,526	
15-25 cm	8,08	3,24	35,91	Migajón arcilloso	56,72	0,057	3,304	
25-35 cm	7,92	2,72	33,48	Migajón arcilloso	58,39	0,057	3,290	
35-45 cm	7,99	1,96	40,95	Migajón arcilloso	57,89	0	3,12	

nico.

La materia orgánica cumple una función muy importante en la movilidad de los metales pesados, debido a que tienden a permanecer unidos a esta, tal es el caso del Cu, Pb y Cd, por lo tanto, tienden al igual que la M.O. a disminuir con la profundidad (Zheljazkov *et al.*, 2004). La textura del sitio de estudio es migajón arcilloso, esta se encuentra a la mitad de la escala entre fina y gruesa, presenta una buena cantidad de arcillas, lo que es fundamental para la retención y disponibilidad de los metales.

El rango de la CIC, indica una alta fertilidad según la NOM-021-SEMARNAT-2000, esto se relaciona directamente con la absorción de iones metálicos por las plantas y su retención en el suelo. La cantidad de metales pesados en el tejido vegetal es prueba de lo mencionado con anterioridad. La concentración de metales en las especies vegetales es un indicativo de su excelente capacidad fitoextractora, ya que no solo acumulan una buena cantidad en sus tejidos aéreos (Figura 1 y 2), también tienen un buen coeficiente de bioacumulación (Cuadro 4).

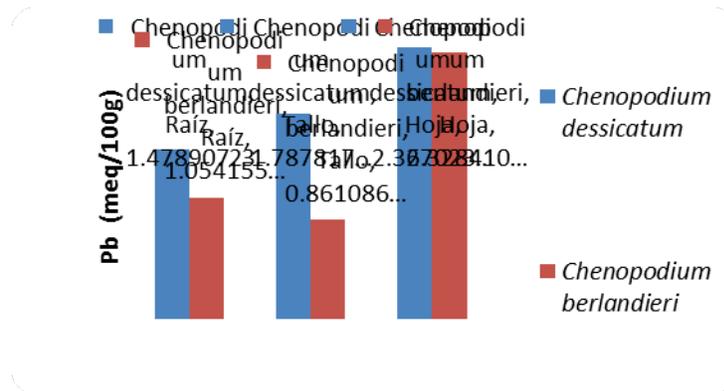


Figura 1. Acumulación del plomo en los órganos de las especies vegetales estudiadas.

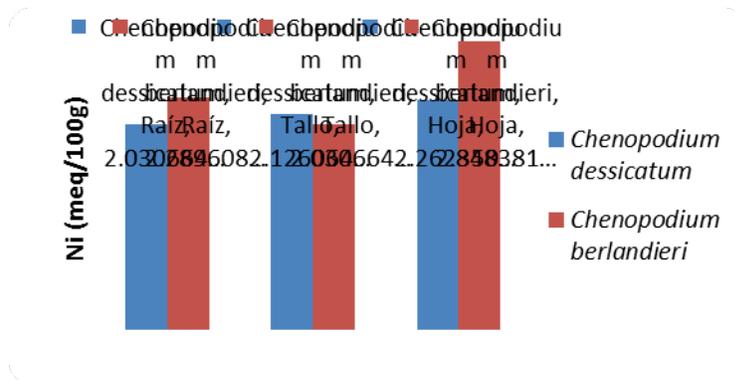


Figura 2. Acumulación del níquel en los órganos de las especies vegetales estudiadas.

Con base en las concentraciones totales de los metales (Cuadro 3), y de acuerdo con Adriano (2001) se calculó el coeficiente de bioacumulación (Cuadro 4) al dividir la concentración total en la planta/concentración total del suelo.

Cuadro 3. Concentración total de metales en las especies vegetales y suelo.

Concentración total (meq/100g ⁻¹)	Pb	Ni
Suelo	24,905	16,749
<i>Chenopodium denticatum</i>	5,633	6,419
<i>Chenopodium berlandieri</i>	4,243	7,168

Cuadro 4. Coeficientes de bioacumulación de los metales por las dos especies

Especie	Pb	Ni
<i>Chenopodium denticatum</i>	22,61	38.32
<i>Chenopodium berlandieri</i>	17.03	42.79



Conclusiones

Las condiciones edáficas repercutieron en la absorción de metales pesados por las especies del género *Chenopodium*, además de que éstas, al acumular la mayor parte de los metales pesados en la parte aérea resultaron ser excelentes en el proceso fitoextractor, haciéndolas candidatas para la fitorremediación de sitios en condiciones similares.

Bibliografía

- Adriano D. C. 2001. Cadmium. In: Adriano, D.C. (ed.). Trace Elements in Terrestrial Environments: Biochemistry, Bioavailability and Risks of Metals. Springer-Verlag. New York. p. 263–314.
- Amir S., M. Hafidi, G. Merlina, J. C. Revel. 2005. Sequential extraction of heavy metals during composting of sewage sludge. *Chemosphere* 59: 801 – 810.
- Anderson J. M., J. S. I. Ingram. 1993. Tropical Soil Biology and Fertility A Handbook of Methods. C.A.B. International. U.K. Wallingford, 57:63-65.
- Chapman H. D., F. P. Pratt. 1973. Métodos de análisis para suelos plantas y aguas. Ed. Trillas. D. F. México.
- Chen Y., C. Wang, Z. Wang. 2005. Residues and source identification of persistent organic pollutants in farmland soils irrigated by effluents from biological treatment plants. *Environment International* 31:778–783.
- Demirbas A. 2008. Heavy metal adsorption onto agro-based waste materials: A review. *Journal of Hazard Materials* 157:220–229.
- Entry J. A., L. S. Watryd, R. S. Manase, N. C. Vance. 1997. Phytoremediation and reclamation of soils contaminated with radionuclides. In: Kruger E.L., Anderson T.A., Coats J.R. (eds) Phytoremediation of Soil and Water Contaminants. ACS Symposium Series No. 664. American Chemical Society. Washington, DC.
- Jackson L. M. 1970. Análisis químico de los suelos. Ed. Omega. España Barcelona. 662 pp.
- Meers E., G. Du Laing, V. Unamuno, A. Ruttens, J. Vangronsveld, F.M.G. Tack. 2007. Comparison of cadmium extractability from soils by commonly used single extraction protocol. *Geoderma* 141: 247 – 259.
- Muchuweti M., J. W. Birkett, E. Chinyanga, R. Zvauya, M. D. Scrimshaw, J. N. Lester. 2006. Heavy metal content of vegetables irrigated with mixture of wastewater and sewage sludge in Zimbabwe: implications for human health. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 112:41–48.
- Norma Oficial Mexicana. PROY-NOM-021_REC/NAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis. 73pp.
- Qaiser S., A.R. Saleemi, M. M. Ahmad. 2007. Heavy metal uptake by agro based waste materials. *Environment and Biotechnology* 10:409–416.
- Reyes J. I. 1996. Fundamentos teórico-prácticos de temas selectos de la ciencia del suelo. Parte 1, UAM. D.F., México. 257 pp.
- Singh K. P., D. Mohan, S. Sinha, R. Dalwani. 2004. Impact assessment of treated/untreated wastewater toxicants discharged by sewage treatment plants on health, agricultural, and environmental quality in the wastewater disposal area. *Chemosphere* 55:227–255.
- Thangavel P., C.V. Subburaam. 2004. Phytoextraction; Role of hyperaccumulators in metal contaminated soils. *Procuracy Indian of National Science Academy Botany* 70:109-130.
- Valencia I. E., B. A. Hernández. 2002. Muestreo de suelos, preparación de muestreos y guía de campo. UNAM. 131pp.
- Zheljazkov V.D., Warman P. R. 2004. Source – separated municipal solid waste compost application to Swiss chard and basil. *Journal of Environment Quality* 33: 542 - 552.
- Zhu Y. G., G. Shaw. 2000. Soil contamination with radionuclides and potential remediation. *Chemosphere* 41:121-128.





MICROALGAS NATIVAS DE CHIHUAHUA CON POTENCIAL DE SERVICIOS AMBIENTALES PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD ALIMENTARIA.

Rivas-Caceres¹, R.^{1*}; Cortes-Rodriguez¹, R.¹; Nevarez-Galvez¹, N.¹; Quiñonez-Martinez¹, M.¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez 1. Juárez, Chihuahua. México.

*Autor responsable: rrivas@uacj.mx; Calle: Ave. Plutarco Elías Calles Núm. 1210, Col. Foviste Chamizal, Chihuahua, Ciudad Juárez, Chihuahua. México. CP 32310; Tel. +52(656)-688-1886.

Resumen

El valor nutricional de la *Dunaliella* depende de su composición bioquímica y de la capacidad de digestión de los compuestos producidos por esta especie. Las proteínas representan el mayor constituyente orgánico, seguido de carbohidratos y fibra cruda 52.70%, 18.54%, y 9.53%, respectivamente expresado en porcentaje de peso seco. Por lo que puede garantizar la seguridad alimentaria regional en el futuro. Todo esto representa una opción factible debido a las características biológicas que posee estas microalgas nativas de Chihuahua, como lo es el potencial de duplicarse en un periodo de 3.5 hrs., mediante un crecimiento exponencial en relación con el peso seco de biomasa, por lo que pueden resolver nuestra crisis alimentaria produciendo alimento barato con alto contenido de proteínas, carbohidratos y lípidos a partir de la biomasa de estas microalgas.

Servicios Ambientales; *Dunaliella Sp*; Proteína bruta.

Introducción

Las microalgas son organismos fotosintéticos que no poseen tallo, hojas ni raíz. Su reproducción puede ser sexual o asexual, o bien formando células que serían análogos de los óvulos o espermatozoides, pero sin formar semilla (Menéndez Valderrey *et. al.*, 2005). A diferencia de otros organismos, las microalgas tienen el poder de convertir la energía solar en biomasa con una composición bioquímica valiosa en el aspecto nutricional, desde la década de los 40's se ha incrementado la importancia de las microalgas en la agricultura y ya para los 60's fue un éxito la producción de *Chlorella* como producto alimenticio saludable en los países de Japón y Taiwán (De la Noue, 1988). Desde el punto de vista nutricional las microalgas son importantes ya que proporcionan (o proveen) macronutrientes y micronutrientes, de los cuales podemos destacar la importancia de los lípidos, ácidos grasos, carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales; debido a su contenido nutricional las microalgas son una buena fuente alimenticia en las industrias acuícolas y avícolas (Ben-Amotz, 1993). Las microalgas son actualmente utilizadas por el ser humano en biocombustibles, principalmente, y sustancias bioactivas, entre ellas están la especie *Dunaliella*, *Spirulina*, *Chlorella* y *Cryptocodinium cohnii*, estas especies han presentado propiedades importantes debido a su alto contenido de β -caroteno, ácidos grasos omega-3 y antioxidantes (Molyneaux y Lee, 1998). Gracias a que son organismos foto autótrofos, tienen un gran potencial como ingredientes alimenticios puesto que crecen en medios de cultivo simples en los que usan agua de mar, nitratos, fosfatos, pequeñas



cantidades de metales y dióxido de carbono (Luiten *et al*, 2003). La producción mundial de plantas acuáticas en el 2002 fue de 11.6 millones de toneladas, generando 6.2 billones de dólares con la mayor producción proveniente de algas marinas Japonesas, (FAO, 2004). La biotecnología de microalgas ha ido aumentando incluyendo principalmente a *Dunaliella* y *Spirulina*, el cultivo de microalgas tiene varias ventajas ya que toleran condiciones extremas (Grobbelaar, 2004).

Dunaliella sp., pertenece a la clase Chlorophyceae, es una célula verde-amarillo, posee 2 flagelos móviles, de forma ovoide con el extremo anterior agudo y el posterior redondo. Miden entre 9 y 11 micras de largo y 6 micras de diámetro. Es un alga eurihalina que crece a temperaturas de 16 a 28°C, aunque se adapta a salinidades altas e iluminación constante. *Dunaliella* tolera pH's de entre 5.5-10, su reproducción es asexual (división longitudinal) y sexual isogámica en la que dos células, o gametos, procedentes de individuos distintos se unen para dar lugar a una célula (Band, 1999). Esta especie se considera como un alimento adecuado para moluscos, algunos peces de agua dulce y crustáceos, es la especie más utilizada en la producción industrial de β -caroteno. *Dunaliella salina* se ha reportado como la mayor fuente natural de β -caroteno (López *et al.*, 2009). Conocida por su mecanismo único de osmoregulación mediante la vía de la producción de compuestos denominados osmolitos internos, que actúan como solutos orgánicos, de acuerdo a esto la retención de estos compuestos en el interior de la célula puede ser parte de una respuesta osmorregulatoria frente a cambios externos que generen altos efectos de estrés al interior de las células (Vidal, 2000).

Materiales y Métodos

Preparación del medio de cultivo:

Para la preparación de los medios de cultivo Basal Bold modificado con metales traza y vitaminas del medio f/2, se realizaron los cálculos precisos pesando los reactivos necesarios y efectuando una solución stock de 200ml. Para ello, se utilizaron las siguientes cantidades de los macronutrientes en esta solución: Nitrato de Sodio (NaNO_3) 5 g, Cloruro de calcio (CaCl_2) 0.5 g, Fosfato mono ácido de potasio (K_2HPO_4) 1.5 g, Fosfato di ácido de potasio (KH_2PO_4) 3.5 g, cloruro de sodio (NaCl) 0.5 g. cada uno de estos reactivos se colocaron en un matraz Erlenmeyer de Doscientos mililitros para realizar las soluciones Stock. Los metales traza utilizaron las siguientes cantidades para la solución stock: Sulfato de zinc (ZnSO_4) 0.44 g, Sulfato de cobre (CuSO_4) 0.196 g, Nitrato cobaltoso $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ 0.098 g, Molibdato de sodio Na_2MoO_4 0.126 g, Cloruro férrico (FeCl_3) 0.63 g De esta manera se utilizaron las siguientes cantidades de vitaminas para efectuar la solución stock: Tiamina 0.1mg, Biotina 100 mg (Arredondo y Voltolina, 2007). De cada una de las soluciones stock se tomaron 10 ml para la preparación del medio de cultivo para las algas en cuestión y 1 ml de la solución stock de vitaminas. Aislamiento de *Dunaliella sp.*:

Se preparó el medio Basal bold modificado utilizando los reactivos de las vitaminas y trazas del medio f/2. Se preparo agua marina comercial (en polvo) de la cual se agregaron 15 g en un litro de agua destilada y fue el agua utilizada para realizar el medio Basal bold modificado ya que la especie *Dunaliella sp* requiere de un medio salino. Posteriormente se tomaron alícuotas de 10 ml de la solución stock de macronutrientes y 1ml de cada solución stock de vitaminas y metales traza, aforando a un litro, disuelta en agua marina con 1ml de la especie de microalga que se encontraba previa en estado acuoso respectivamente (Arredondo y Voltolina, 2007).



Concentración y conteo celular:

El crecimiento de cultivo microalgal es indicado como el incremento de biomasa ya sea por el número de células (cel/ml) o en peso seco (total u orgánico), cantidad de proteína, pigmentos, volumen de células calculado para un tiempo o fase de crecimiento específica (Arredondo *et al.*, 2007). Este incremento celular puede ser estimado por recuento celular a través del microscopio o contadores de partículas; de estos métodos el recuento celular es el más utilizado, sencillo y poco costoso, para el recuento celular se utiliza con mayor frecuencia en cultivos de microalgas el hematocitometro de 0.1 mm de profundidad con regilla de Neubauer, donde se contaron las células de cinco recuadros, que se multiplicaron por el factor de dilución, para obtener la concentración final.

Análisis próxima:

Primero se realizó el análisis de humedad ya que la muestra en fresco debe asegurarse que sea representativa. A continuación se llevó la muestra pesada a la estufa de secado a 105 ° C y así se evaporó el agua, se quedó allí por 5 hrs. Después del tiempo transcurrido se pasó a un desecador por una hora y se pesó nuevamente en la balanza analítica y se calculó el porcentaje de humedad (FAO, 2003).

Determinación de proteína:

Para ello, se pesó 1g de muestra y se colocó en el matraz Kjeldahl, se agregaron 10g de sulfato de potasio, 0.7g de óxido de mercurio y 20 ml de ácido sulfúrico concentrado. Se colocó el matraz en el digestor en un ángulo inclinado y se calentó a ebullición hasta que la solución se observó clara, se continuó calentando por media hora más. Se dejó enfriar; durante el enfriamiento se adicionó poco a poco alrededor de 90 ml de agua destilada y des ionizada. Ya frío se agregaron 25 ml de solución de sulfato de sodio y se mezcló.

Determinación de fibra cruda:

Para la determinación de fibra cruda se pesaron 3 gramos de la muestra desengrasada y seca. Se colocó en el matraz y se adicionaron 200ml de la solución de ácido sulfúrico en ebullición. Se colocó el condensador y llevó a ebullición en un minuto; se dejó hervir por 30 min, manteniendo constante el volumen con agua destilada y moviendo periódicamente el matraz para remover las partículas adheridas a las paredes.

Determinación de cenizas:

Para la determinación de ceniza previamente se calcinó un crisol de porcelana y se pesó, este procedimiento se realizó tres veces con el fin de mantener el peso constante, se colocaron 3g de muestra seca. Se colocó el crisol en una mufla y se calcino a 550°C por 12 horas, se dejó enfriar y se transfirió a un desecador. Se pesó nuevamente el crisol conteniendo la ceniza.



Resultados y Discusión

El medio de cultivo para *Dunaliella sp.*, donde se obtuvo una mejor respuesta en la tasa de crecimiento fue el Bold-salino con 4.76 cel/ml/día, seguido del medio basal bold con 3.89 cel/ml/día y finalmente el medio f/2 con una tasa de crecimiento de 0.65 cel/ml/día (Tabla 1).

Tabla 1 Medio de cultivo para *Dunaliella sp.* Donde se determinó la tasa de crecimiento (cel/ml/día).

Cepa	Medio de cultivo	Tasa de crecimiento (cel/ml/día)
<i>Dunaliella sp.</i>	F/2	0.65
<i>Dunaliella sp.</i>	Bold	3.895
<i>Dunaliella sp.</i>	Bold-Salino	4.76

Tabla 2 Resultado porcentual del análisis proximal en la especie de la microalga *Dunaliella sp.*

COMPONENTES	%
Humedad	7.2
Nitrógeno total	9.02
Proteína bruta	52.7
Carbohidratos	18.54
Fibra cruda	9.53
Lípidos	1.44
Cenizas	9.76



También los resultados porcentuales de la bioquímica de las especies *Dunaliella sp.*, mediante el método micro Kjeldahl dando el mayor porcentaje a la proteína bruta alcanzando 52.7% lo que nos indica claramente mayor valor proteínico, en comparación con los otros componentes.

De tal manera, estas microalgas ofrecen muchas posibilidades. Por ejemplo, la biomasa, rica en proteínas e hidratos de carbono, podría utilizarse como composta, fertilizante o en productos alimenticios. Por fermentación podría obtenerse bioetanol a partir de los hidratos de carbono. El párrafo anterior está fuera de contexto, modificar la redacción y organizar la información. La figura 1 muestra una gráfica referentes al porcentaje de la bioquímica de la especie *Dunaliella sp.*, haciéndose notoria la mayor cantidad en relación a porcentaje de proteína en esta especie, confirmando que esta microalga es la más valorada en la alimentación de las aves de granja y por lo tanto valiosa para nuestra nutrición ya que consumimos más del 25% de proteína proveniente de las aves de granja.

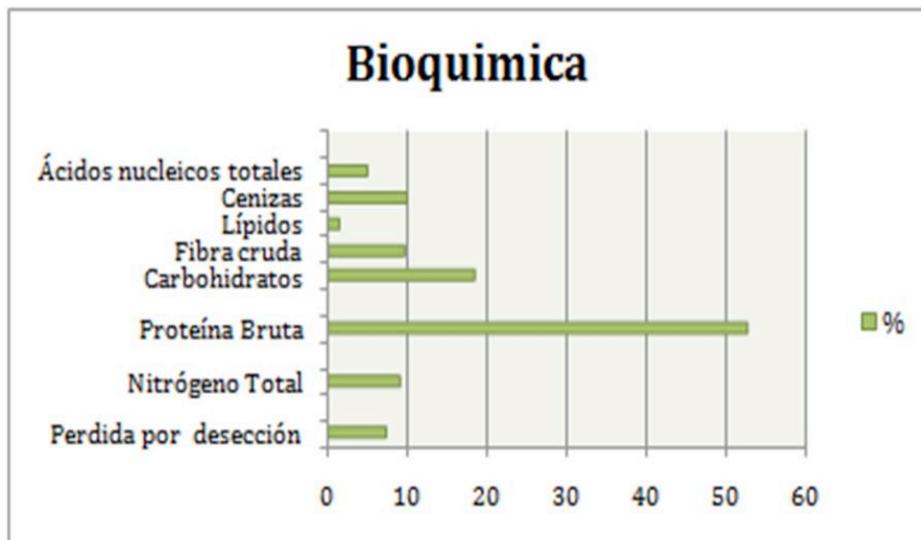


Figura 1. Porcentaje de los componentes de la prueba bioquímica del análisis proximal de la microalga *Dunaliella*.

Conclusiones

Las microalga *Dunaliella Sp.* es la mejor opción de organismos unicelulares fotosintéticos, que poseen un alto porcentaje de Proteínas, carbohidratos y fibra cruda. Bajo ciertas condiciones de cultivo, esta especie podrían exceder la cantidad de nutrientes útiles para la elaboración de alimento del futuro en comparación con la alimentación que tradicionalmente se conoce y ¿se han perdido grandes cantidades de agua para consumo humano y millones de tierras fértiles? de las cuales se han sobreutilizado sus nutrientes en la mayoría de los casos. Con el desarrollo de esta especie a gran escala no se aumentaría la cantidad de gases de invernadero ya que la



fuentes de carbono usada para crecer a *Dunallela Sp.*, es extraída de la atmósfera y no de fuentes de carbono fósil. Además de que es un bioenergético 100% vegetal y 100% biodegradable, Lo que permitiría reducir las concentraciones de CO₂ a gran escala, propiciando además el desarrollo de nuevas alternativas de alimentación en las Naciones más pobres.

Bibliografía

- Arredondo Vega Bertha Olivia, Voltolina Domenico, 2007, Universidad Autónoma de Baja California, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, Baja California Sur, Mexico.
- Band, S., J. C. 1999. Efecto de la composición bioquímica de las microalgas sobre el valor nutritivo de dos cepas de *Artemia*. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, B.C.S. 1999. 69P.
- Ben-Amotz, A. 1993. Production of beta-carotene and vitamins by the halotolerant alga *Dunaliella*. In “Marine Biotechnology, Volume 1: Pharmaceutical and Bioactive Natural Products” (D.H. Attaway and O.R. Zaborsky, eds), pp. 411–417. Plenum Press, New York.
- De la Noue J., De Pauw N, 1988. “THE POTENTIAL OF MICROALGAL BIOTECHNOLOGY: A REVIEW OF PRODUCTION AND USES OF MICROALGAE”, Groupe de Recherche en Recyclage Biologique, University Laval, Quebec, Canada G1K 7P4 Laboratory for Mariculture, State University of Ghent, Ghent, Belgium.
- FAO. 2004. *Global aquaculture outlook in the next decades: an analysis of national aquaculture production forecasts to 2030*. FAO Fisheries Circular No. C1001. Roma (en prensa).
- Grobbelaar, J.U. 2004. Algal biotechnology: Real opportunities for Africa. S. Afr. J. Bot. 70, 140–144.
- Lopez E.J.A., Garcia L.N., Jimenez G. L.R., Huerta A.N., 2009, Crecimiento de la diatomea *Thalassiosira pseudonana* en cultivos estáticos con iluminación continua y fotoperiodo a diferentes salinidades, *BIOtecnia*, VOL. XI, NO. 1.
- Luiten, E.E., Akkerman, I., Koulman, A., Kamermans, P., Reith, H., Barbosa, M.J., Sipkema, D., and Wijvels, R.H. 2003. Realizing the promises of marine biotechnology. *Biomol. Eng.* 20, 429–439.
- Menéndez Valderrey J.L. y Fernández R.R. *et al.*, 2005. <http://www.asturnatura.com/algas/algas.html>. (Consulta el 26 de agosto del 2011).
- Molyneaux, M. y Lee, C.M. 1998. *The U.S. market for marine nutraceutical products*. *Food Technol.* 52, 56–57.
- Vidal F. J.A., 2000, Determinación de la producción de compuestos orgánicos volátiles halocarbonados en cultivos de *Dunaliella salina* (Teodoresco) (Chlorophyta), Tesis presentada a la Facultad de Ciencias de la Universidad Católica de la Santísima Concepción para optar al grado académico de Licenciado en Ciencias, mención en Biología Marina, y al título profesional de Biólogo Marino.





EFECTO DE ACOLCHADO PLÁSTICO, ESTIÉRCOL SOLARIZADO Y POLÍMERO AGRÍCOLA EN LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE HUMEDAD Y MEJORAMIENTO DE SUELOS AGRÍCOLAS

Rivas-García, T.^{1*}; Esquivel-Valenzuela, B.¹; Ávalos-de la Cruz, M.A.¹; García-Amador, C.L.¹; Cervantes-Medina M.¹; Hernández-Caldera, J.E.¹; Vázquez-Vázquez, C.¹

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

*Autor para correspondencia e-mail: eltom_r@hotmail.com. Universidad Juárez del Estado de Durango-Facultad de Agricultura y Zootecnia. Venecia, Gómez Palacio, Durango México. Tel: 044-87-11-45-32-20

Resumen

Uno de los principales problemas que atraviesa el campo en la Comarca Lagunera es la escasez y la calidad del agua, por ello es imprescindible el desarrollo de alternativas que nos permitan hacer un mejor aprovechamiento de este recurso. La Comarca Lagunera está considerada como la principal cuenca lechera del país y es la producción de forrajes una de las actividades que más agua demanda, sin embargo también nos proporciona uno de los principales abonos orgánicos utilizados en la región el cual es el estiércol. El presente trabajo se llevó a cabo en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango. El objetivo principal fue ver en que tratamiento había mayor retención de humedad. Para el experimento se usaron bloques al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. T1 (Acolchado y Estiércol solarizado), T2 (Testigo), T3 (Polímero y Estiércol solarizado), T4 (Estiércol solarizado), evaluando las variables de textura, Capacidad de campo (CC), Punto de Marchitez permanente (PMP), Cantidad de Materia Orgánica y Nitratos. Los resultados nos muestran que el uso de abonos orgánicos mejoran las características del suelo en cuanto a nitratos en los tratamientos de estiércol solarizado (T4), polímero y estiércol solarizado (T3) y acolchado y estiércol solarizado (T2). Por otro lado la retención de humedad es mejorada en la combinación de los tratamientos de acolchado y estiércol solarizado (T1), ya que el porcentaje de retención de humedad es estadísticamente significativo en comparación con los otros tratamientos.

Palabras clave:

Abonos orgánicos; cubiertas plásticas; escasez de agua.

Introducción

El problema de la sobreexplotación de los recursos naturales a nivel internacional ha generado la necesidad de proteger el ambiente, hacer un uso eficiente de los recursos ya no solo representa una opción sino una prioridad. La disponibilidad efectiva del agua se ha reducido por los desequilibrios que ocasiona el crecimiento de la demanda uso ineficiente y el aumento de los niveles de contaminación (Guzmán-Soria, 2006). En la Comarca Lagunera existe competencia por el agua entre los diferentes consumidores, dicha competencia es determinada por la baja disponibilidad del recurso y la existencia de diferentes usuarios de los que destaca



la agricultura de riego por bombeo y gravedad, el problema del agua en la Región se ha agudizado en años recientes debido a la baja eficiencia en el uso del recurso pues el volumen de agua aplicado por cultivo excede los requerimientos (SAGARPA, 2003); es por ello que se hace imprescindible el desarrollo de alternativas que nos permitan hacer un mejor aprovechamiento del agua. La Comarca Lagunera está considerada como la principal cuenca lechera del país generándose gran cantidad de estiércol utilizado en la región como alternativa de fertilización orgánica para los cultivos y como mejorador de las propiedades de suelos en zonas áridas y semiáridas, las cuales presentan generalmente deficiencias de fertilidad, materia orgánica, nutrimentos, capacidad de retención de agua y pH alto. Creándose una gran demanda de forrajes, cultivos que demandan gran cantidad de agua (Nieto-Garibay *et al.*, 2002). Un factor importante a considerar es la planificación y dosificación del estiércol en la aplicación sobre cultivos ya que aparte de ser un mejorador de suelos, también aporta una cantidad considerable de Nitrógeno y otros nutrimentos esenciales para los cultivos (Figueroa-Viramontes *et al.*, 2003). Sin embargo una aplicación excesiva de este abono representa un riesgo de contaminación del agua subterránea por lixiviación de nitratos como se ha documentado en estudios locales recientes (Martínez *et al.*, 2006). En la actualidad el uso de plásticos en la agricultura es una técnica que representa una alternativa para mejorar la retención de humedad del suelo, contribuyendo a la producción mundial de alimentos, ya que este protege contra la intemperie, preserva la estructura del suelo, favoreciendo la conservación de humedad y control de maleza. Factores como temperatura y humedad del suelo son modificados, creándose un microclima que favorece la actividad microbiana (Farías-Junior *et al.*, 2001). Por lo tanto el aumento de temperatura ocasionado por el acolchado al utilizarse en los meses de invierno, favorece la mineralización del nitrógeno y la absorción de nutrientes que se ven afectados por la falta de temperatura. El riego utilizado, disminuye las temperaturas máximas y aumenta las mínimas al mejorarla ganancia térmica en el perfil y suavizar las extremas por el efecto regulador del agua (Farías-Junior *et al.*, 2001). Estrada-Guerrero, *et al.*, (2010) mencionan que los hidrogeles son polímeros que tienen la capacidad de absorber y ceder grandes cantidades de agua y otras soluciones acuosas sin disolverse, cuando son utilizados en la agricultura le proporcionan a las raíces el agua de una manera paulatina, ya que mejoran las características del suelo, como son la retención y disponibilidad de agua la aireación y la descompactación. Se sabe que la aplicación de hidrogeles en la agricultura puede reducir el uso del agua hasta en más del 50%, por lo que su uso está cobrando interés en los lugares áridos y semiáridos que tienen problemas de escasez de agua. Considerando que el problema de la escasez del agua es grave a nivel mundial y que éste se refleja con mayor intensidad en las regiones áridas y semiáridas, en donde se encuentra localizada la Región Lagunera en este trabajo se plantea como objetivo principal el uso de estrategias y tecnologías como lo es la aplicación de estiércol solarizado, polímero agrícola y plástico para acolchado que nos permita determinar cual representa una mejor alternativa para mejorar la retención de humedad del suelo, para ello se hicieron las determinaciones de textura, capacidad de campo, punto de marchitez permanente, y dado que diferentes trabajos que se han realizado hacen mención de la contribución de estas tecnologías al mejoramiento de la calidad del suelo, se evalúa el contenido de materia orgánica y nitratos en el desarrollo de esta investigación.



Materiales y Métodos

El presente trabajo se llevó a cabo en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, ubicada en el Km. 28 de la Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Dgo. Presentándose en la región un clima seco desértico, con una temperatura media anual de 23.1 °C, una humedad media anual de 36.8 % y una precipitación anual de 218.7 mm. El suelo es de tipo Franco Arcillo Arenoso pobre en materia orgánica. Con un diseño del experimento de bloques al azar de cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, utilizándose un metro cuadrado para cada tratamiento. La distribución fue de la siguiente manera: T1 (Acolchado y Estiércol), T2 (Testigo), T3 (Polímero de poliacrilamida y Estiércol), T4 (Estiércol). La cantidad de estiércol aplicada en cada tratamiento fue 120 Ton/Ha y 50 gr de polímero de poliacrilamida de la marca Aqua-Gel.

Se realizó un muestreo inicial del suelo a profundidades de 0-15 cm y de 15-30 cm, y posteriormente se preparó el terreno marcando y bordeando cada tratamiento, aplicándose una lámina de riego de 20 cm en cada tratamiento. Realizándose dos muestreos para cada tratamiento a los 15 y 30 días posteriores del riego a las profundidades antes mencionadas. Las variables medidas fueron, textura, Capacidad de campo (CC), Punto de Marchitez permanente (PMP), Cantidad de Materia Orgánica, Nitratos, Conductividad eléctrica, pH y Textura (Método de Bouyoucos). Los datos obtenidos se sometieron a un análisis estadístico de comparación de medias por el método de Tukey y un análisis de Varianza.

Resultados y Discusión

Los resultados de cada una de las variables analizadas no mostraron ningún cambio significativo a excepción de las variables de humedad y nitratos, las cuales sí mostraron diferencia significativa entre tratamientos. Las Figura 1 y 2 muestran los resultados de los análisis de varianza de humedad y temperatura.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	645.86	7	92.27	4.90	0.0002
Tratamiento	561.30	3	187.10	9.93	<0.0001
Profundidad	54.39	1	54.39	2.89	0.0949
Tratamiento*Profundidad	30.17	3	10.06	0.53	0.6611
Error	1055.38	56	18.85		
Total	1701.23	63			

Figura 1. Análisis de varianza de la variable humedad

Los resultados del ANOVA de humedad muestran un valor significativo entre tratamientos, no así en la interacción de cada uno de estos con la profundidad de las muestras realizadas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	246.27	7	35.18	1.92	0.0826
Tratamiento	237.38	3	79.13	4.33	0.0082
Profundidad	7.56	1	7.56	0.41	0.5227
Tratamiento*Profundidad	1.32	3	0.44	0.02	0.9949
Error	1023.63	56	18.28		
Total	1269.90	63			

Figura 2. Análisis de varianza de la variable nitratos



De igual manera el análisis de varianza nos muestra un valor de p menor a 0.05, lo cual nos indica que hubo diferencia en el contenido de nitratos entre tratamientos, no así en la interacción entre tratamientos y profundidad. Izunza *et al.* (2010) compararon diversos tipos de acolchado bajo diferentes sistemas de riego en el cultivo de chile jalapeño, encontrando diferencia de producción de materia seca entre los tratamientos acolchados y los no acolchados se debió a una mayor disponibilidad de agua y al incremento de la temperatura del suelo, lo que provocó una alta eficiencia en el aprovechamiento de agua y nutrimentos. En el Cuadro 1 se muestran los resultados de la comparación de medias de cada tratamiento en cada una de las variables evaluadas.

Cuadro 1. Comparación de medias de las variables evaluadas en cada tratamiento.

TRATAMIENTO	Capacidad de Campo	Punto de Marchitez Permanente	Humedad	Materia Orgánica	Nitratos	Conductividad Eléctrica	pH
T1	32.00 a	15.81 a	19.25 a	1.32 a	12.81 a	4.90 a	7.47 a
T2	31.31 a	14.94 a	11.88 b	1.08 a	8.08 b	4.72 a	7.49 a
T3	32.19 a	16.00 a	14.31 b	1.34 a	12.42 a	4.89 a	7.51 a
T4	32.25 a	16.00 a	12.13 b	1.39 a	12.28 a	5.46 a	7.48 a

†Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En cuanto a las variables de CC, PMP, Materia Orgánica, Conductividad Eléctrica y pH, no se encontraron resultados significativos, sin embargo en la variable humedad se puede observar que el tratamiento Acolchado-Estiercol muestra un porcentaje más alto de retención de humedad con respecto a los demás tratamientos, lo cual coincide con los resultados encontrados por Turney y Menge (1994) que concluyen que el acolchado favorece la conservación de la humedad del suelo, entre otros muchos beneficios. Respecto al contenido de Nitratos, los resultados de la comparación de medias muestran que el testigo presenta un nivel significativamente más bajo de contenido de nitrato (8.08 ppm) con relación a los otros tratamientos, debido a que el estiércol tiene gran importancia como fuente de Nitrógeno debido a que puede aportar amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-) en grandes cantidades (Salazar *et al.*, 2003). La capacidad de campo fue evaluada al inicio del experimento, tomando el terreno como un área uniforme, evaluando solo una muestra; y al final del experimento en profundidades de 0-15 y 15-30 cm.

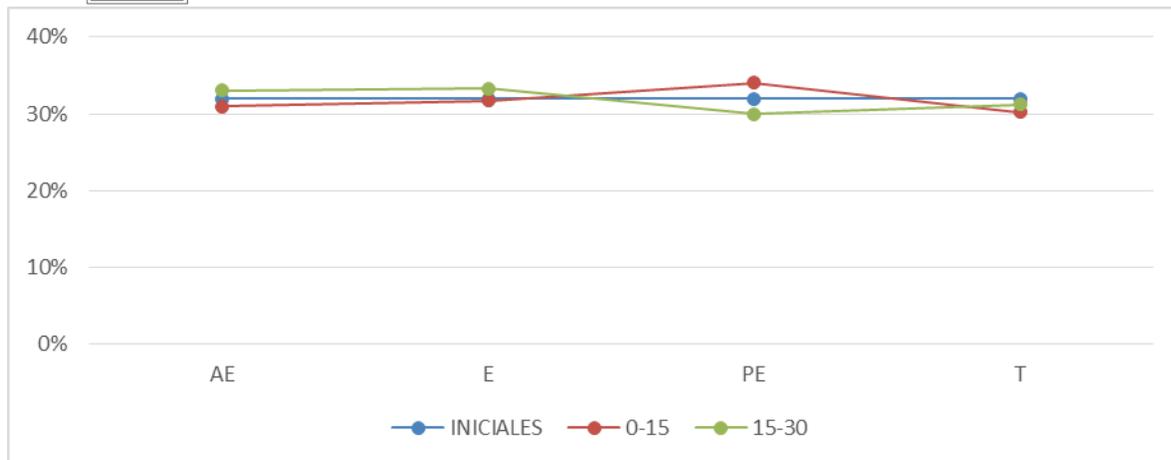


Gráfico 1. Comparación de capacidad de campo inicial y final

La gráfica nos muestra una CC inicial de 32%, en la profundidad de 0-15 el tratamiento que presentó un mayor porcentaje de CC fue el polímero agrícola con estiércol con un 34%, por otra parte en la profundidad de 15-13 el tratamiento de acolchado con estiércol y estiércol solo presentan una CC idéntica de 33%. Los testigos a ambas profundidades están por debajo de la CC inicial con un 30 y 31% respectivamente.

Conclusión

De acuerdo a los resultados, se puede observar que utilizar abonos orgánicos mejora las características de los suelos evaluados. Ya que el ANOVA da como resultado que los tratamientos a los que se les aplicaron estiércol solarizado aumentaron el contenido de nitratos en el suelo, siendo significativamente iguales los tratamientos de estiércol solarizado (T4), polímero y estiércol (T3) y acolchado y estiércol solarizado (T1). En cuanto a la humedad se refiere, el tratamiento que presentó mejores resultados fue la combinación de los tratamientos acolchado con estiércol (T1), ya que el porcentaje de retención de humedad es estadísticamente significativo en comparación con los otros tratamientos. El análisis estadístico indica que las variables analizadas no fueron afectadas estadísticamente por los tratamientos en cuestión para modificar las características del suelo antes mencionadas. Pero comparando con el testigo se encuentran mejoras en las características evaluadas después de la aplicación de los tratamientos.

Bibliografía

- Cirujeda, A., J. Aibar y C. Zaragoza. 2012. Alternativas al acolchado con polietileno en horticultura. Unidad de Sanidad Vegetal, Centro de Investigación y tecnología Agroalimentaria de Aragón, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Zaragoza. 6 pp.
- Andrade, J., M. Farías-Junior., M. Araujo-de Sousa y Correa-Rocha, A. 2011. Utilización de diferentes filmes plásticos como cobertura de abrigos para cultivo protegido. *Acta Scientiarum Agronomy*. 33 (3):437-443.
- Estrada-Guerrero, R., D. Lemus-Torres., D. Mendoza-Anaya y V., Rodríguez-Lugo. 2010. Hidrogeles Biopoliméricos potencialmente aplicables en la Agricultura. *Revista Iberoamericana de Polímeros* 12 (2):76-87.
- Figueroa-Viramontes, U., J. A. Cueto-Wong., J.A. Delgado., G. Núñez-Hernández., D. G. Reta-Sánchez., H. M. Quiroga-Garza., R. Faz-Contreras y J. L. Márquez-Rojas. 2010. Estiércol de bovino lechero sobre el rendimiento y recuperación aparente de Nitrógeno en Maíz Forrajero. *Terra Latinoamericana*. 28:361-369.
- Guzmán-Soria, E., A. García-Salazar., S. Mora-Flores., M. Fortis-Hernández., R. Valdivia-Alcalá y M. Portillo-Vázquez. 2006. La demanda del agua en la Comarca Lagunera, México. *Agrociencia*. 40:793-804.



- Chaney, D.E., L.E. Drinkwater and G.S. Petty-grove.1992.Organic Soil Amendments and Fertilizers.Division of Agriculture and Natural Resources N° 21505.University of California.Oakland, CA, EEUU.36 pp.
- Izunza, M.A., M. Villa, E.A. Catalán y A. Román. 2010.Extracción de nutrientes y producción de chile jalapeño bajo acolchado plástico y diferentes niveles de riego. Terra Latinoamericana. 28 (3) 211-218.
- Martínez- Rodríguez, J.G., J.Z., Castellanos-Ramos, M. Rivera-González, G. Núñez Hernández y R. Faz-Contreras, 2006. Contaminación por nitratos en acuíferos del Norte de México y del Estado de Guanajuato. Agrofaz. 6: 379-387.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca), 2003, Anuario estadístico de la producción agropecuaria de la Región Lagunera Durango-Coahuila. Subdelegación de planeación y desarrollo social Cd. Lerdo, Durango.
- Salazar-Sosa, E., A. Beltrán., M. Fortis., J.A. Leos., J.A. Cueto y C. Vázquez.2003. Mineralización de nitrógeno en el suelo y producción de avena forrajera con tres sistemas de labranza. TerraLatinoamericana.21: 561-567.
- Turney, J. and J. Menge.1994. Root health: Mulching to control root disease in avocado and citrus. Riverside, California Avocado Society, Inc. California Avocado Commission and Citrus Research Board. 7pp.





EROSIÓN HÍDRICA Y PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS EN LA CUENCA DE LA LAGUNA DE TUXPAN, GUERRERO

Rivera Ruiz, P.^{1*}; WruckSpillecke, W.¹; Cortés Torres, H. G.¹; Ortega López, S.¹Díaz Gonzaga, J.²; Bustos Díaz, J. I.²

¹Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos, México.

¹Universidad Autónoma de Guerrero. Taxco El Viejo, Guerrero, México.

*Autor responsable: rivera@tlaloc.imta.mx; Paseo Cuauhnáhuac Núm. 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Morelos. México. CP 62550; Tel. +52(777) 3 29 36 00 Ext. 151

Resumen

En la cuenca de la Laguna de Tuxpan, Guerrero se aplicó la metodología de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelos (EUPS) adaptada a las condiciones de México y la EUPS Modificada (MUSLE) con algebra de mapas en SIG para realizar el estudio de erosión hídrica actual y la producción de sedimentos de la cuenca. Mediante el estudio se identificaron las áreas prioritarias y las microcuencas donde se requiere de establecer programas de prácticas de conservación de agua y suelo para contrarrestar la llegada de sedimentos y contaminantes a los cauces y a la laguna, de tal manera que se cuantificó que 13.5% de la superficie de la cuenca presenta tasas de erosión superiores a 50 t ha⁻¹ año⁻¹. Además, se identificaron las microcuencas prioritarias que aportan más sedimentos a los cauces y a la Laguna de Tuxpan.

Palabras clave:

SIG, EUPS, erosión hídrica, sedimentos, Laguna de Tuxpan

Introducción

La erosión hídrica es el proceso en el que el suelo es separado de sus partículas por el agente agua, este proceso está compuesto por tres etapas la primera es el desprendimiento y la remoción de partículas, la segunda fase es el transporte y una tercera fase es la sedimentación; durante estas etapas se producen daños importantes. En la etapa de desprendimiento y remoción por efecto del impacto de las gotas de lluvia, se altera la estructura superficial del suelo, se destruyen agregados, se forman costras alterando la relación infiltración-escurrimiento así como disminución de la fertilidad del suelo por la pérdida de materia orgánica y nutriente. Para proyectos de manejo de cuencas resulta imprescindible conocer el comportamiento del material sólido producido o generado en la cuenca, que es transportado luego por el sistema fluvial. Asimismo también es de importancia conocer cómo es el mecanismo del transporte de ese sedimento generado, a lo largo de los cauces de la red, con el fin de poder evaluar los procesos de erosión y/o sedimentación que pueden presentarse. Especialmente en zonas con suelos con escasa vegetación y altas pendientes, las precipitaciones intensas tienen un importante efecto erosivo en la cuenca, con el consiguiente elevado transporte sólido en los cursos que conforman la red de drenaje.



Con la finalidad de conocer el comportamiento de los sedimentos en la cuenca de la Laguna de Tuxpan, es que se propone realizar este estudio, toda vez que se identifica que en las zonas de aportación se identifica la presencia de áreas muy erosionadas cuyos materiales removidos han impactado en las partes bajas, más propiamente en la Laguna donde se observa el proceso de sedimentación en las entradas de los afluentes. También se determinó el estado actual de la erosión hídrica para identificar las principales áreas productoras de sedimentos.

Materiales y Métodos

La cuenca de la Laguna de Tuxpan corresponde a la región hidrológica 18, Río Balsas en el estado de Guerrero, cubre una superficie de 6913.65 ha y se ubica dentro del municipio de Iguala de independencia Guerrero, alimentada por varias corrientes de agua, entre los principales afluentes se encuentra el río Tomatal y una serie de 13 afluentes que descargan directamente a la Laguna en sus alrededores en dirección del norte al oriente y sur (Figura 1). El cuerpo de agua conformado por la laguna de Tuxpan que se ubica en la localidad de Tuxpan municipio de Iguala, Guerrero; mide 3 kilómetros de largo por 1 kilómetro de ancho.

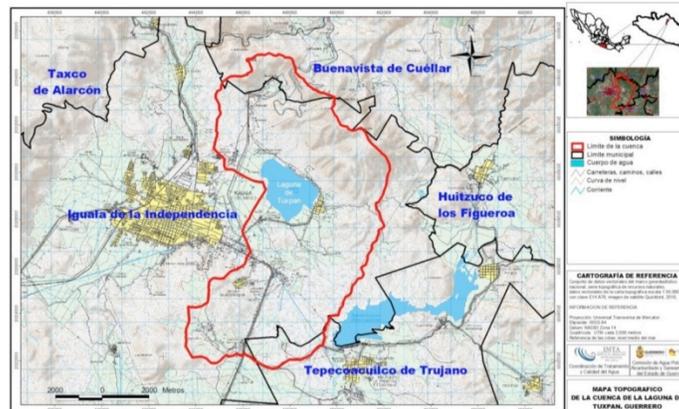


Figura 1. Mapa de ubicación de la cuenca de la Laguna de Tuxpan.

Determinación de la erosión hídrica

Para realizar el estudio de erosión hídrica actual se utilizó la metodología de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (EUPS) adaptada a las condiciones de México y con las modificaciones para aplicarla a nivel de cuenca (Figuroa *et al.* 1991). Se determina mediante la siguiente expresión:

$$A = R K L S C P$$

Con apoyo del SIG ArcView y con información climatológica y de cartografía de INEGI, se obtuvieron los diferentes mapas de cada uno de los factores de la EUPS.

Cuantificación de la producción de sedimentos

Para la cuantificación del cálculo de sedimentos se utilizó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Modificada (EUPSM o MUSLE por sus siglas en inglés), que tiene la siguiente expresión:

$$Y = 11.8(Q * qp)^{0.56} K * LS * C * P$$



Dónde:

- Y = Sedimentos aportados a una sección del cauce para una tormenta determinada sobre la cuenca ($t\ ha^{-1}$)
- Q = Ecurrimiento medio (m^3)
- qp = Ecurrimiento máximo ($m^3\ seg^{-1}$)
- K = Erosionabilidad del suelo ($t\ ha\ h\ MJ^{-1}\ mm^{-1}\ ha^{-1}$)
- L = Longitud de la pendiente (adimensional)
- S = Grado de la pendiente (adimensional)
- C = Cobertura vegetal (adimensional)
- P = Prácticas mecánicas de control de la erosión (adimensional)

Se definieron 11 microcuencas para calcular la estimación de la producción de sedimentos, 5 de ellas corresponden a microcuencas que desembocan directamente a la Laguna, y las 6 microcuencas restantes corresponden a la cuenca del río Tomatal y a 5 microcuencas que conforman la cuenca y que se identificaron son importantes por la presencia de zonas erosionadas y por tanto es necesario cuantificar la cantidad de sedimentos que producen. El mapa con las microcuencas seleccionadas para estimar la producción de sedimentos se presenta en la Figura 2.

Resultados y Discusión

Erosión hídrica actual. Para determinar la erosión hídrica se considera a dos factores que son de los más atenuantes en el proceso de erosión, uno que es la cobertura vegetal (con el uso y manejo del suelo) y la presencia de prácticas mecánicas para la conservación del agua y suelo. Es decir, se considera el estado actual de uso y manejo de la cuenca para determinar las tasas de erosión, y esta se determina mediante la sobreposición con el SIG Arc View de los mapas de los factores R, K, LS, C y P. Se obtuvieron los diferentes rangos de erosión hídrica utilizando la clasificación de nula, ligera, moderada, alta y muy alta. En el Cuadro 1 se presenta la distribución de superficie para cada intervalo de erosión hídrica. Considerando lo anterior se obtuvo el mapa de distribución de las tasas de erosión hídrica para cada intervalo propuesto, y este se presenta en la Figura 3.

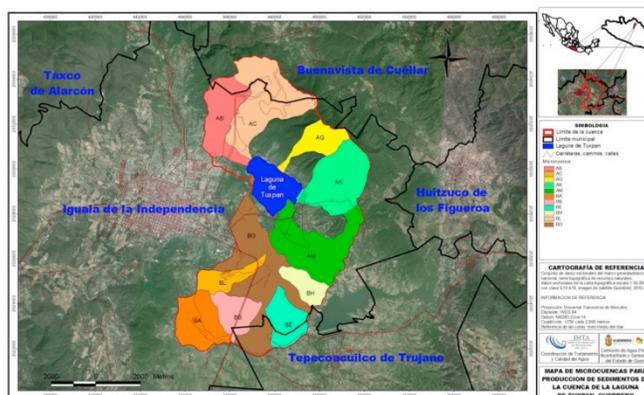


Figura 2. Mapa de microcuencas seleccionadas para estimar la producción de sedimentos en la cuenca de la Laguna de Tuxpan, Guerrero.

Cuadro 1. Distribución de la superficie por tipo y rango de erosión hídrica de la cuenca de la Laguna de Tuxpan, Guerrero.

Tipo y rango de erosión (t ha ⁻¹ año ⁻¹)	Superficie (ha)	%
Nula	0 – 5	73.84
Ligera	5 – 10	2.72
Moderada	10 – 50	9.94
Alta	50 – 200	11.11
Muy alta	>200	2.39
Total	6,913.65	100.00

En la cuenca de la Laguna de Tuxpan predomina la erosión nula cubriendo el 73.84% de la superficie, y generalmente corresponde a las áreas que están bien cubiertas por áreas de bosque tanto de diferentes especies como de selva baja, y áreas agrícolas en pendientes suaves que no generan erosión hídrica (como las de las zonas de riego). Se presenta un 9.94% de la superficie de la cuenca con tasas de erosión hídrica moderadas que superan las 10 t ha⁻¹ año⁻¹ y llegan hasta las 50 t ha⁻¹ año⁻¹, en este caso se trata de áreas donde se realizan actividades productivas agrícolas que se ubican en pendientes moderadas pero que no realizan manejo conservacionista para proteger al suelo de la erosión hídrica. También corresponde a áreas con cubierta de selva baja pero que tienen presencia de cárcavas que han mermado la cubierta vegetal y donde el proceso de erosión hídrica ha sido continuo e incluso ha avanzado gradualmente.

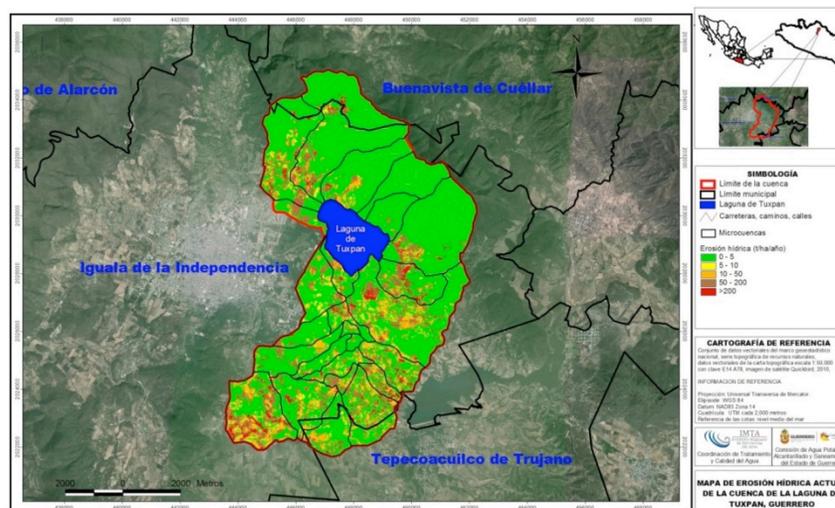


Figura 3. Mapa de erosión hídrica actual de la cuenca de la Laguna de Tuxpan, Guerrero.

Es de preocupar que 13.50% de la superficie de la cuenca presente tasas de erosión hídrica que superan las 50 t ha⁻¹ año⁻¹, se trata de altas tasas que indican un nivel de degradación de suelo elevado que ha conllevado a la pérdida de la capa arable en caso de las parcelas agrícolas que se encuentran en laderas con pendientes que superan el 15%, y también en zonas de pastizales o de selva baja donde la cubierta vegetal es escasa y se tiene presencia de cárcavas de diferentes profundidades que con el paso del tiempo incrementan sus



dimensiones. También lo que preocupa es que estas parcelas se encuentran cerca de los cauces que conforman la red hidrográfica de la cuenca, por lo tanto, se integran de inmediato como sedimentos en el agua de escurrimiento y se transporta agua abajo afectando la infraestructura hidroagrícola y finalmente azolvando la Laguna de Tuxpan.

Producción de sedimentos

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de escurrimiento medio, escurrimiento máximo, erosión hídrica media y producción de sedimentos de cada una de las microcuencas. Se observa que tanto los tipos de suelos como la vegetación de la cuenca tienen una capacidad importante de infiltrar el agua de lluvia, ya que de 977.5 mm de lluvia que precipitan en promedio anualmente, solamente de 41 a 52 mm en la subcuenca del río Tomatal se transforman en escurrimiento superficial, lo que equivale a que la subcuenca produce 1.058 Millones de m³ de agua de escurrimiento.

De manera general se puede mencionar que las microcuencas de cada subcuenca presentan resultados distintos debido a sus particularidades sobre todo en relación con el uso de suelo que predomina. Es así como, en las microcuencas de la subcuenca directa de la Laguna de Tuxpan presentan las menores tasas de escurrimiento (mm), y por supuesto las menores tasas de producción de sedimentos. Y aunque presenten escurrimientos máximos, éstos se deben a las características de los cauces que presentan pendientes elevadas y sin embargo, es escurrimiento “limpio” prácticamente sin sedimentos y agua que llega a la laguna para abastecerla y mantener su capacidad.

Cuadro 2. Escurrimiento medio, escurrimiento máximo, erosión hídrica media y producción de sedimentos de cada una de las microcuencas de la cuenca de la Laguna de Tuxpan, Guerrero.

Microcuenca	Escurr. Medio (mm)	Escurr. Máximo (m ³ /s)	Erosión hídrica media (t/ha)	Producción de sedimentos (t/ha)
AB	22.2	9.22	21.682	3.54
AC	11.2	12.38	18.292	2.239
AG	10.4	6.69	1.417	0.059
AK	10.8	12.88	13.142	2.063
AM	20.8	10.67	27.015	3.567
BA	49.1	19.78	55.354	14.791
BA + BB	41.7	17.87	44.422	10.691
BE	47.7	9.48	39.197	6.379
BH	52.9	8.11	42.837	7.098
BL	25.9	6.52	16.525	1.553
Subcuenca Tomatal	42.3	25.37	33.068	7.453



Por el contrario, de manera general se encontró que la subcuenca del río Tomatal produce 18,676.89 toneladas de sedimentos anualmente en promedio que entran a la Laguna, que equivalen en promedio a perderse 7.45 t ha^{-1} en toda la cuenca.

Con la información obtenida de las microcuencas que conforman la subcuenca del río Tomatal tenemos que la más degradada y por tanto la que es más portadora de sedimentos, es la microcuenca BA y le sigue la microcuenca BB, con 14.79 y 10.69 t ha^{-1} , respectivamente, y son microcuencas donde se realizan actividades agrícolas productivas y los productores no utilizan prácticas conservacionistas que se integren en los sistemas de producción. Y por tanto, en estas microcuencas es donde se deben considerar prioritarias para impulsar un programa de promoción y adopción de prácticas conservacionistas para terrenos de ladera, acompañado también de establecer represas dentro de los cauces para controlar los sedimentos y los escurrimientos ayudando a la infiltración para recarga del acuífero.

Conclusiones

En la cuenca de la Laguna de Tuxpan, Guerrero, se ha tenido un acelerado cambio del uso del suelo en donde se han disminuido las áreas forestales para dar paso al crecimiento principalmente de las áreas urbanas, así como, de la agricultura y de los pastizales. Ello ha traído como consecuencia que se generen más contaminantes por las descargas de drenaje a los arroyos y ríos, y que también exista elevadas tasas de producción de sedimentos de la cuenca alta que afectan tanto la calidad como la cantidad de agua que llega a la laguna. Por tanto, es necesario que de inmediato se ponga en marcha y se ejecute el Programas y Proyectos que dentro de sus acciones contemple la regularización de áreas urbanas y la recuperación de los bosques mediante acciones de saneamiento y prácticas de manejo y conservación del agua y suelo en las laderas y cauces.

Agradecimientos

Este estudio forma parte de los resultados de un proyecto global que fue financiado por la CONAGUA y la CAPASEG, por lo que se agradece la autorización para presentar este artículo en el congreso.

Bibliografía

- Figuroa, 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. Colegio de Postgraduados CREZAS y Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México. 150 pags.
- Foster, G. R., L. D. Meyer and C. A. Onstad. 1977. A runoff erosivity factor and variable slope length exponents for soil loss estimates. Trans. ASAE. 20: 683-687.
- Giménez. S. M. C. 2008. Metodología de cálculo del factor topográfico, LS, integrado en los modelos RUSLE y USPED. Aplicación al arroyo del Lugar, Guadalajara (España). Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. 646 pags.
- McCool, D. K., L. C. Brown, G. R. Foster, C. K. Mutchler, and L. D. Meyer.(1987). Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. Trans. ASAE, 30: 1387-1396.





FABRICACIÓN DE MEMBRANAS PARA LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS EN SISTEMAS ACUOSOS

Roque-Ruiz, J. H., Reyes-López, S. Y.*

¹Instituto de Ciencias Biomédicas. 1. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez, Chihuahua, México.

*Autor responsable: simon.reyes@uacj.mx, yobannyr@yahoo.com.mx; Calle Envolvente del PRONAF y Estocolmo Núm. s/n, Col. Zona PRONAF, Ciudad, Estado. País. CP 32310; Tel. +52 (656) 688-2100 Ext. 1989.

Resumen

En el presente trabajo se presenta la elaboración de un compósito de polímero-arcilla en forma de membrana. Las membranas fueron elaboradas mediante la técnica de electrohilado, empleando una solución al 10% del poliéster conocido Poli-ε-caprolactona en acetona con un 5% de Caolín y Tween 80 como agente dispersante. De acuerdo a los datos obtenidos mediante Microscopía Óptica y Microscopía Electrónica de Barrido, las microfibras presentan un diámetro promedio de 1.04 μm, con una desviación estándar de ± 0.89, por lo que están en la categoría de microfibras. Por otra parte, en las micrografías pueden observarse partículas de caolín embebidas dentro de la estructura de las fibras.

Palabras clave

Electrohilado; poliéster; caolín.

Introducción

Los metales pesados se encuentran en forma natural en la corteza terrestre, sin embargo, estos se pueden convertir en contaminantes si su distribución en el ambiente es alterada a causa de actividades humanas. Las fuentes de exposición a contaminantes pueden incluir a la extracción y refinamiento de minerales, producción de cemento, generación de electricidad, galvanización, fabricación de pigmentos y baterías, trabajo portuario, liberación de efluentes industriales y emisiones vehiculares. Estas fuentes liberan metales al ambiente, como Plomo (Pb), Cadmio (Cd), y Cromo (Cr), los cuales resultan perjudiciales para la salud humana y para los seres vivos. Estos elementos no son biodegradados, por lo que se acumulan en el medio y en los tejidos de los seres vivos durante periodos prolongados. Además, la descarga de aguas no tratadas da lugar a la presencia de metales pesados en medios acuáticos (Prieto-Méndez et al, 2009). Por lo tanto, es necesario removerlos del agua contaminada y ajustarse a las normas ambientales existentes, previniendo los efectos negativos sobre la salud humana y reducir su impacto en el ambiente. A causa de lo anterior, resulta necesaria la implementación de metodologías para la remoción a bajo costo de los elementos mencionados. Entre los diferentes métodos empleados en la remoción se encuentra la adsorción, con materiales de bajo costo, como residuos agrícolas (Witek-Krowiak et al., 2011; Feng et al., 2011), o carbón activado (Basso et al, 2000). Además, ha sido empleada la técnica de electrodeposición (Oztekin y Yazicigil, 2006), y diversos tipos de membranas (Neghlaniet al., 2011).



Un método que recientemente ha atraído la atención es el uso de nanofibras de polímero elaboradas por electrohilado. El electrohilado es una técnica en la que son empleados campos electrostáticos para la producción de tejidos a partir de la unión y enlace de numerosas fibras con diámetros en el rango entre micrómetros y nanómetros, las cuales pueden estar compuestas de dos o más materiales, estar huecas o contar con modificaciones en la superficie (Bhardawaj y Kundu, 2010).

La técnica de electrohilado posee diversas aplicaciones en áreas como la medicina, en la elaboración de materiales cerámicos o compuestos cerámico-polímero en forma de fibra continua, además de soportes catalíticos y catalizadores. En el presente trabajo se describe la elaboración de fibras electrohiladas de diámetro nanométrico a micrométrico, a partir del poliéster Poli- ϵ -caprolactona (PCL) y de una arcilla caolinitica. Con las fibras obtenidas se buscará el remover metales pesados de soluciones acuosas.

Materiales y Métodos

En el presente trabajo fueron elaboradas fibras de polímero-arcilla. Las fibras fueron obtenidas a partir de una solución de PCL al 10% con 5% de arcilla utilizando Acetonacomosolvente (Jalmek grado reactivo). A la solución anterior le fueron agregados 0.1 mL de Tween como agente dispersante en relación 80:1, con la finalidad de mejorar la fluidez de las partículas. Además, la solución fue sometida a ultrasonificación por 5 minutos en un equipo Branson Digital Sonifier, para eliminar aglomeraciones de partículas. Posteriormente, esta solución fue colocada en una jeringa de vidrio de 20 mL y fue realizado el proceso de electrohilado empleando una bomba de inyección kdScientific Legato 100. Las fibras fueron colectadas en un trozo de papel Aluminio colocado en un rodillo giratorio. Los parámetros empleados en su elaboración fueron corriente de 10 kV, flujo de 15 μ L/min, 15 cm de distancia, 37% de humedad y 22°C. Para la caracterización fueron tomadas muestras del compuesto obtenido y fueron observadas mediante Microscopia Electrónica de Barrido y Microscopia Óptica. La medición del diámetro de las fibras fue llevada a cabo empleando el programa SigmaScan Pro 5 para las imágenes obtenidas por SEM, mientras que para las obtenidas por Microscopia Óptica fue utilizado el programa MotiClimages Plus 2.0.

En la remoción de metales pesados con las fibras en solución acuosa. Para esto, fueron preparados 25 mL de solución con una concentración de 20 mg/L de los metales Cobre (Cu), y Hierro (Fe). A cada una de estas soluciones les fueron agregadas tres tiras de compuesto de un área total de 6 cm² previamente pesadas. Las muestras problema se mantuvieron en agitación constante y fueron tomadas alícuotas de 2 mL cada dos horas. En total fueron colectadas 10 muestras, tomadas a las 0, 2, 4, 6, 8, 12, 24 y 48 h de iniciada esta fase del experimento. Posteriormente las alícuotas fueron diluidas con agua desionizada en una relación 1:6 (2 mL/12 mL) y analizadas mediante Espectroscopia de Absorción Atómica utilizando un equipo Perkin Elmer 3110, con la finalidad de conocer la concentración remanente de metales pesados. También fue analizada una dilución 1:6 de las soluciones originales para así determinar su concentración real.



Resultados y Discusión

De acuerdo a las mediciones realizadas mediante Microscopía Óptica, las fibras obtenidas presentan un diámetro promedio de $1.340\ \mu\text{m}$, con una desviación estándar de 0.77 . Por lo tanto, el producto elaborado está considerado dentro de la categoría de microfibras, ya que su diámetro es superior a los $100\ \text{nm}$ (Frenot y Chronakis, 2003), como puede observarse en la Figura 1. Las áreas sombreadas en la figura corresponden a aglomeraciones de fibras y en gran medida son ocasionadas por el enfoque alcanzado al tomar la fotografía. Además pueden observarse estructuras conocidas como "cuentas" (beads, en inglés). Estas últimas son aglomeraciones de polímero ocasionadas por dificultades que tienen lugar al momento de realizar el electrohilado, como una alta tensión superficial, baja viscosidad o baja repulsión entre las cargas en la superficie del polímero empleado (Li y Xia, 2004).

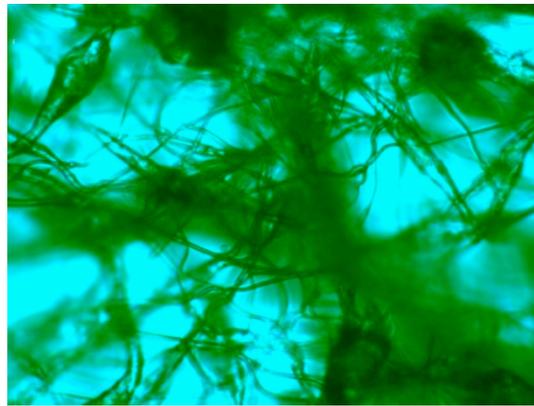


Figura 1. Imagen de las microfibras tomada mediante Microscopía Óptica a $1000\times$.

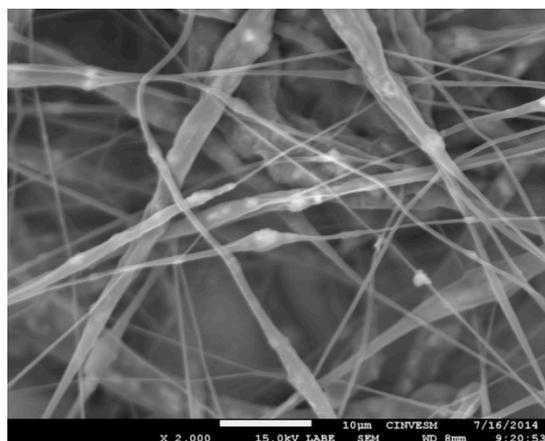


Figura 2. Micrografía a $2000\times$ de las microfibras obtenida mediante Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)



En la figura 2 se muestra una micrografía a 2000X de las fibras de PCL-Caolín obtenidas por electrohilado. Pueden observarse partículas de caolín al interior de las fibras, en forma de pequeños aglomerados de color blanco, los cuales contrastan con el polímero en el que se encuentran embebidos. Las partículas de caolín constan de varias capas hexagonales, que a su vez se conforman de una lámina tetraédrica de SiO_4 y una lámina octaédrica con centro de Aluminio (Al) y vértices ocupados por grupos hidroxilo (OH^-) y Oxígeno (Bhattacharyya y Gupta, 2008).

En base a las mediciones realizadas, en promedio las fibras presentan un diámetro de $1.04 \mu\text{m}$, con una desviación estándar de 0.89. El menor diámetro observado en las micrografías de SEM es ocasionado por la mayor resolución de esta técnica, la cual permitió medir las fibras más delgadas.

Mediante el análisis por Espectroscopia de Absorción Atómica, solamente se observó disminución de la concentración en las soluciones de Cobre (Cu) y Hierro (Fe); en un 8.02% y 2.29 % respectivamente en un tiempo de 4 y 8 horas para la cantidad de fibra utilizada. Se sugiere repetir el experimento utilizando una mayor cantidad de fibra ($>6 \text{ cm}^2$), para así incrementar la adsorción de metales pesados como consecuencia de la mayor área y cantidad de caolín.

Conclusiones

Fue elaborado un compuesto de poliéster (PCL)-arcilla (caolín) mediante electrohilado, el cual al ser observado por medio de microscopia óptica y SEM presentó un diámetro de alrededor de $1.04 \mu\text{m}$. Se comprobó que el compuesto(PCL)-arcilla tiene la capacidad de remover cobre y hierro en solución acuosa bajo los parámetros empleados.

Agradecimientos

A la Dra. Laura Elena Santana Contreras en la preparación de las soluciones de metales pesados. Al Laboratorio de Química Analítica Ambiental del Instituto de Ingeniería y Tecnología, por la ayuda proporcionada para realizar el análisis de Absorción Atómica. Al CINVSTAV de Mérida, Yucatán por la caracterización de Microscopia Electrónica de Barrido.

Bibliografía

- Basso, M.C., E.G. Cerrella, A.L. Cukierman. 2000. Remoción de Cadmio (II) de soluciones acuosas mediante carbón activado preparado a partir de caña. Revista AVERMA.
- Bhattacharyya, K.G., S.S. Gupta. 2008. Adsorption of a few heavy metals on natural and modified kaolinite and montmorillonite: a review. Adv Colloid Interfac. 140: 114-131.
- Bhardawaj, N., S. C. Kundu. 2010. Electrospinning: a fascinating fiber fabrication technique. Biotechnol Adv. 28: 325-347.
- Feng, N., X.Guo, S. Liang, Y.Zhu, J.Liu. 2011. Biosorption of heavy metals from aqueous solution by chemically modified orange peel. J Hazard Mater. 185: 49-54.
- Frenot, A., I.S. Chronakis. 2003. Polymer nanofibers assembled by electrospinning. Curr Opin Colloid In. 8: 64-75.
- Huang, Z. M., Zhang, Y. Z., Kotaki, M., Ramakrishna, S. 2003. A review on polymer nanofibers by electrospinning and their applications in nanocomposites. Compos Sci. Technol. 63: 2223-2253.
- Li, D. and Y. Xia. 2004. Electrospinning of nanofibers: Reinventing the wheel?. Adv. Mater. 14: 1151-1170.
- Neghlani, P.K., M.Rafizadeh, F.A. Taromi. 2011. Preparation of aminated-polyacrylonitrilenanofiber membranes for the adsorption of metal ions: comparison with microfibers. J. Hazard Mater. 186: 182-189.



- Oztekin, Y., Z. Yazicigil. 2006. Recovery of metals from complexed solutions by electrodeposition. *Desalination*. 190: 79-88.
- Prieto-Méndez, J., C.A.González-Ramírez, A.D. Román-Gutiérrez, F.Prieto-García. 2009. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 10: 29-44.
- Unuabonah, E.I., K. O. Adebawale, B. I.Olu-Owolabi, L. Z. Yang. 2008. Comparison of sorption of Pb^{2+} and Cd^{2+} on kaolinite clay and polyvinyl alcohol-modified kaolinite clay. *Adsorption*, 14: 791-803.
- Witek-Krowiak, A., Szafran, R. G., Modelski, S. 2011. Biosorption of heavy metals from aqueous solutions onto peanut shell as a low-cost biosorbent. *Desalination*, 265: 126-134.





ALERTA SOBRE PROCESOS EROSIVOS Y DESERTIFICACIÓN AL SUR DE LA CIUDAD DE PUEBLA, MÉXICO.

Ruiz-Careaga J.^{1*}, López Reyes L.² Tamariz Flores V.¹, López García E.³ y Torres Trejo E.

¹Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas. Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Edificio 103B Colonia San Manuel. Puebla, México. CP 72570.

²Centro de Microbiología de Suelos. Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

³Potsgrado en Ciencias Ambientales. Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

*Ruiz-Careaga J.: ajcareaga@gmail.com. 14 Sur 6301 Edificio 3B Colonia San Manuel. Puebla, México. CP 72570. Tel. 52 222 2295500 Ext. 7352

Resumen

La erosión y desertificación es consecuencia de la deforestación, el cultivo en áreas con pendientes, el pastoreo intensivo y la escases de agua; éstas son áreas marginales para la agricultura; sin embargo, muchos de ellas son cultivadas por pequeños agricultores o empresas que invierten en tecnologías apropiadas para paliar las condiciones adversas y obtener buenos rendimientos. Este trabajo trata de alertar sobre el peligro que representa descuidar los suelos y su influencia sobre la erosión y la desertificación. Se realizó un estudio de campo en el municipio de Tzicatlacoyan, se describieron perfiles de suelos con diferentes grados de erosión y se verificaron contornos de suelos trazados hace ya varias décadas para comprobar cambios en las unidades superiores. Las pérdidas de suelos provocadas por el uso y manejo inadecuados a que han sido sometidos los suelos en la zona de estudio, favorece la aparición de nuevas unidades, menos productivas y con muchos sectores afectados por erosión severa lo cual favorece la aparición de la desertificación en esta parte del estado de Puebla. El esfuerzo que se realiza por parte del Gobierno Estatal, las Instituciones de Educación Superior, Científicas y la Sociedad Civil para cumplir los objetivos del milenio se ven comprometidos por el nivel de deterioro de los suelos y el entorno en comunidades pobres al sur del Estado; se precisa trazar una estrategia que priorice el cuidado de los suelos como la vía más segura para mejorar los niveles de deterioro ambiental, pobreza rural y marginación en el campo poblano. Palabras clave. Deterioro ambiental, pobreza y marginación.

Introducción

Los procesos erosivos que afectan los suelos están influenciados por la actividad humana; la eliminación de la cobertura vegetal primaria y las prácticas agrícolas en pendientes favorecen las pérdidas de suelos por arrastre de las aguas de escorrentía; paulatinamente los suelos disminuyen su capacidad productiva, se deja de producir alimentos y las afectaciones al medio ambiente se hacen visibles; cambia el paisaje, ya que la vegetación original no sobrevive a las condiciones de extrema sequía y niveles de irradiación solar; en su lugar se establecen especies propias de regiones áridas, iniciando así la transformación de tierras agrícolas en zonas áridas o desérticas; comienza de esta forma el proceso de desertificación (Reynolds *et al.*, 2005), este es un proceso complejo, que se incrementa por la actividad humana, sobre todo en los entornos de comunidades empobrecidas, las que hacen uso de los recursos de forma inadecuada, por necesidades apremiantes y desconocimiento (Abraham *et al.*, 2006). Alertar sobre el peligro de la erosión, tomar medidas para disminuir sus efectos y preservar áreas conservadas es uno de los principios trazados en la “Conferencia de las Naciones Unidas



sobre Desertificación" en 1977. En el año 1996, entró en vigor la "Convención de las Naciones Unidas de la Lucha contra la Desertificación" y el objetivo es combatir la desertificación aumentando la productividad de las tierras, rehabilitando y conservando los suelos, hacer propuestas de reordenamiento de tierras y recursos hídricos, e integrar a las comunidades para remediar la degradación del suelo; esta iniciativa busca promover, programas nacionales de acción, participación de las ONGs mediante el apoyo a programas locales innovadores, el incremento en la cooperación internacional y la lucha para la mitigación de los efectos de la sequía en los países afectados (Grainger *et al.*, 2000).

Este trabajo pretende llamar la atención sobre el peligro que representa el abandono de los suelos en el estado de Puebla; urge una estrategia que priorice el cuidado de los suelos y el entorno como única alternativa para mejorar las condiciones ambientales, disminuir las afectaciones y la pérdida de la biodiversidad; lucha efectiva contra el hambre, la marginación, los conflictos sociales y la desigualdad.

Materiales y Métodos

Se realizó un estudio de campo en el municipio de Tzicatlacoyan, se describieron 19 perfiles de suelos y se tomaron más de 60 puntos de observación o comprobación teniendo en cuenta los contornos en el mapa original de INEGI (Figura 1). Para la ubicación del municipio se empleó el Sistema de Coordenadas UTM (WGS 84), el municipio Tzicatlacoyan está ubicado entre los 588 493.00 y 614 384.00 m E y entre las 2 069 589.00 y 2 091 370.00 m N, dentro de la Zona 14 del Hemisferio Norte, con una superficie total de 27 961.81 ha. Tzicatlacoyan cuenta con una población de 6 242 habitantes, distribuidos en más de 70 asentamientos, entre los que sobresalen San José Tejaluca, Tepenene, Acuexcomax, Tzicatlacoyan y San Antonio Juárez. Las condiciones topográficas y la configuración de la red hidrográfica, son propicias para el desarrollo de procesos erosivos cuando no se toman las medidas adecuadas, lo que explica el avanzado estado de degradación de los suelos y de otros recursos asociados, en el transcurso de la actividad humana, enmarcada fundamentalmente en la producción agropecuaria y forestal. Se utilizó información básica, publicada por INEGI (2000); mapas de suelos, vegetación, geología, hidrografía, aguas embalsadas, relieve, división político-administrativa (municipios), población y vías de comunicación, además de las hojas cartográficas o cartas a escala 1: 50 000 e imágenes de satélite de los años 1980, 1990, 2004 y 2011; esto permitió actualizar la información, con énfasis en la clasificación de los suelos y el estado de degradación, así como en lo referente a la cobertura vegetal, como aspectos claves a tener en cuenta. En la obtención, procesamiento y análisis de la información, se utilizaron las tecnologías, sintetizadas en el término Geomática. Se aplicó el Sistema de posicionamiento global por satélite (GPS), la cartografía automatizada (CAD), la teledetección (TD) y el sistema de información geográfica (SIG), este último como integrador de los demás sistemas. El programa del SIG utilizado fue el ILWIS 3.4 OPEN, aunque los archivos creados por este programa, fueron transferidos al tipo de archivo universal Shape (*.shp), para su posible utilización por otras entidades.

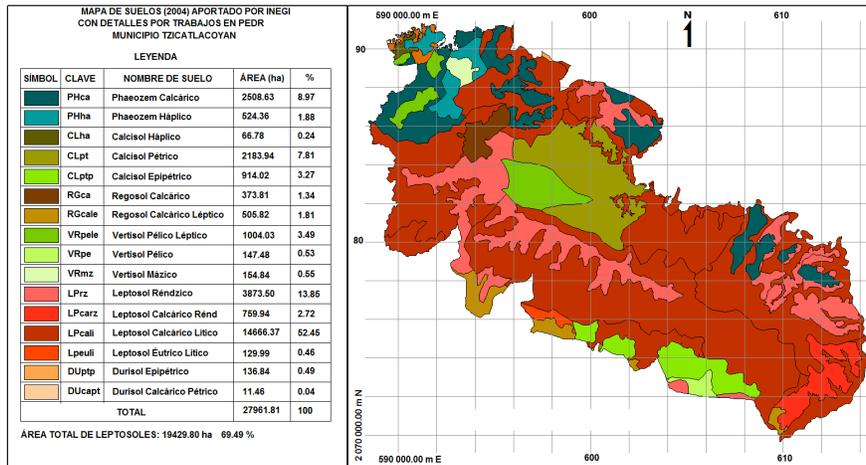


Figura 1. Carta de suelos donde se registran la extensión de unidades de suelos Originales que existían en el municipio de Tzicatlacoyan.

Resultados y Discusión

La desertificación en México es un problema nacional que abarca la degradación de tierras cultivables, zonas forestales y de uso pecuario; cerca del 64% de los suelos del país presentan afectaciones por algún proceso en diferentes niveles (INEGI. 2012). Se calcula que alrededor de 48 millones de mexicanos padecen las consecuencias de la sequía en zonas áridas, semiáridas y sub húmedas secas, lo que genera que cada año emigren y abandonen sus tierras entre 300 mil y 400 mil personas (INEGI 2012). Los principales factores causantes de la degradación de los suelos en el país son: deforestación, por el cambio de uso de suelo, la erosión y el sobrepastoreo. Por otra parte, algunos autores señalan a México como uno de los países latinoamericanos donde el proceso erosivo tiene mayor incidencia, con la consecuente disminución de la productividad y el deterioro ecológico; (Brañes 2000); (SEMARNAT, 2000). En el estado de Puebla, (Ruiz Careaga *et. al.*, 2004) plantean que existen serias afectaciones en los suelos como consecuencia directa del empleo de prácticas inadecuadas de uso y manejo de suelos, recursos forestales y agua, sobre todo en sectores con pendientes. En el municipio de Tzicatlacoyan los factores de formación de suelos son propicias para la existencia de las unidades de primer orden: Leptosol, Phaeozem y Calcisol, las que en conjunto ocupaban el 92.54 % de la superficie total del municipio (25 627.63 ha), con áreas menores de Vertisol, Regosol y Durisol, de acuerdo con la *World Reference Base* (IUSS Working Group WRB. 2007). Con esas unidades se forman las de segundo orden, con predominio de: Leptosol Calcárico Lítico (LPcali), Leptosol Réndzico (LPrz), Phaeozem Calcárico (PHca), Calcisol Pétrico (CLpe) y otras con menores extensiones, Figura 1. De acuerdo con las características originales de los suelos predominantes en la zona, estos pueden ser utilizados con buenos resultados en la producción agropecuaria y forestal; sin embargo, la fuerte degradación a que han sido sometidos, por el inadecuado uso y manejo, ha ido disminuyendo las posibilidades de obtención de resultados satisfactorios en la referida producción. Una actualización de los estudios de suelos del municipio, (Ruiz Careaga *et al.*, 2012), dio como resultado principal la carta de suelos que se muestra en la *Figura 2*.



Al analizar la carta de suelos de la Figura 1 en comparación con la carta de suelos de la Figura 2, se aprecia que se han perdido áreas de unidades de suelo de primer orden, como consecuencia de la erosión hídrica. Por ejemplo, áreas que estuvieron ocupadas por Phaeozems Calcáricos y Háplicos que ocupaban el 8.97 % del área del municipio y 1.88 % respectivamente, con un total de 3133 ha; suelos caracterizados por tener un espesor superior a los 50 cm y un horizonte bien desarrollado, con contenidos de materia orgánica superiores a 6.00 %; en la carta de suelos del año 2012 (Figura 2) solo poseen, en el caso de lo Phaeozem Calcárico 3.24 % del área total del municipio y los Phaeozem Háplicos el 1.01 % y con respecto al área total ocupan solo 1190 ha; es decir que se han perdido un total de 1943 ha de suelos fértiles en los últimos años; estos suelos, gracias a la erosión dieron origen o incrementaron los contornos de otros menos productivos como los Leptosoles, suelos que no rebasan los 25 cm de espesor y con contenidos de materia orgánica inferiores a los originales en la parte superior del perfil; otras unidades de suelos como los Calcisoles, Regosoles y Vertisoles o suelos con características vérticas vieron disminuidas sus áreas a causa también de la erosión; el resultado de este proceso degradativo ocasionado por el uso y manejo inadecuado de los suelos es un incremento de las unidades de suelos clasificadas como Leptosoles; suelos no aptos en su mayoría para la agricultura, estas unidades pasaron de una extensión de 6 229.80 a una extensión de 23 605.36 ha, lo que representa un incremento de 17 375.56 ha, una cifra impresionante para un territorio relativamente pequeño y que ha afectado a un número considerable de familias que habitan en el campo.

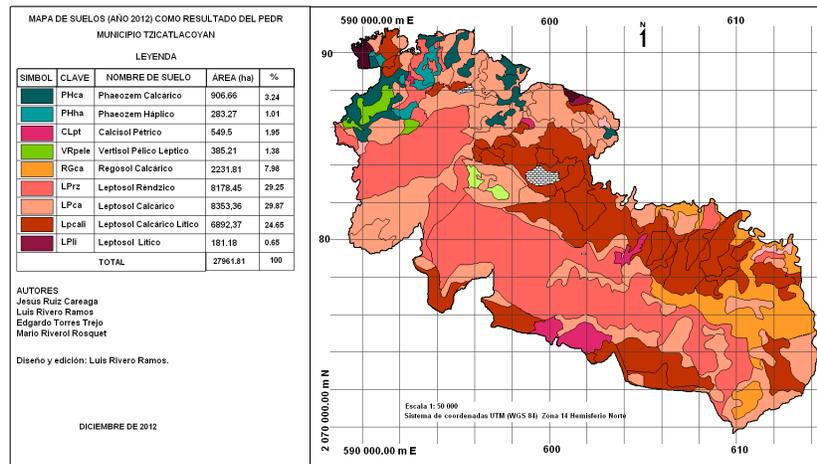


Figura 2. Carta de suelos actualizada en base a estudio previos realizados en la zona de estudio.

Se debe reflexionar sobre el esfuerzo que se realiza por parte del Gobierno Estatal, las Instituciones de Educación Superior, Científicas y la Sociedad Civil para cumplir los objetivos del milenio, los cuales se ven comprometidos por el nivel de deterioro de los suelos y el entorno en comunidades pobres al sur del Estado, se precisa trazar una estrategia que priorice el cuidado de los suelos como la vía mas segura para mejorar los niveles de deterioro ambiental, pobreza y marginación en el campo.



Conclusiones

La falta de una estrategia que priorice el cuidado de los suelos y el entorno impide tener mejores resultados en la mejora de las condiciones ambientales, lucha efectiva contra la disminución de la pérdida de la biodiversidad; el hambre, la marginación, los conflictos sociales y la desigualdad; en estas condiciones el peligro de la desertificación es latente.

Bibliografía

- Abraham E., Montaña E., Torres L. 2006. Desertificación e indicadores: posibilidades de medición integrada de fenómenos complejos. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales. Universidad de Barcelona. ISSN: 1138-9788. 21.741-98. Vol. X, núm. 214.
- Brañes, R. 2000. Manual de Derecho Ambiental Mexicano. Edis. Fondo de Cultura Económica, II Edición, México, 768p.
- Grainger A., M. S. Smith, V. R. Squires and E. P. Glenn. 2000. Desertification and climate change: The case for greater convergence. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 5:361-377.
- INEGI (2000): Síntesis Geográfica del Estado de Puebla. México.
- INEGI. 2012. Estadística a propósito del día Mundial de la lucha contra la desertificación y la sequía.
<http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/Contenidos/estadisticas/2012/sequia>.
- IUSS Working Group WRB. 2007. World Reference Base for Soil Resources 2006, first update 2007. *World Soil Resources Reports No. 103*. FAO, Rome.
- Reynolds J. F., F. T. Maestre, E. Huber-Sannwald, J. Herrick and P. R. Kemp. 2005. Aspectos socioeconómicos y biofísicos de la desertificación. *Ecosistemas* 14:3-21
- Ruiz Careaga J., Rivero Ramos L., Torres Trejo E. y Riverol Rosquet M. 2012. Mapa de suelos del municipio de Tzicatlacoyan. Escala 1:50 000.
- Ruiz Careaga, J., Riverol Rosquet, M., Castelán Vega, R., Torres Trejo, E. y Martínez Rodríguez, F. 2004. Manejo y conservación de los suelos en minifundios de la Sierra Norte de Puebla. Fomento Editorial de la BUAP. ISBN 968 863 785 8, pp160.
- SEMARNAT, 2000. Indicadores para la evaluación del desempeño Ambiental, México, 180 pp.





VARIABILIDAD Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS AGRÍCOLAS DE LA COMARCA LAGUNERA

Ruiz-Ortega, F. J.^{1*}; Fortis-Hernández, M.¹; Salazar-Sosa, C.¹; Chavaría-Galicia, J.A.¹; Preciado-Rangel, P.¹; Esquivel-Murillo K.¹; Ibarra Casiano J.L.¹

¹Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón, Coahuila. México.

*Autor responsable: ruiz6812@hotmail.com; Calle Paseo del Parque Núm. 282, Col. Parque Hundido, Gómez Palacio, Durango. México. CP 35049; Tel. +52(871)-4555-105

Resumen

El presente proyecto de investigación pretende determinar la distribución espacial del contenido de materia orgánica (MO), en suelos agrícolas de la Comarca Lagunera, México. Se realizarán muestreos "georreferenciados" de suelo a una profundidad de 15 cm, para su posterior análisis en laboratorio y determinar parámetros físicos y químicos. Los resultados del análisis se procesarán con ArcView 9.3 para integrar una base de datos georreferenciados, a partir de la cual se probarán algunos métodos de interpolación espacial, entre los que destacan: Kriging ordinario (KO) y distancia inversa ponderada (IDW). Con base en el cuadrado medio del error (CME) y una validación cruzada, se seleccionará el método que mejores resultados entregue y con este proceso generar una imagen raster del contenido de MO de las muestras de suelo. Mediante análisis espacial, se harán diferentes interpretaciones sobre la calidad de los suelos del distrito de riego 017. Para ello, se trabajará con el software ArcGIS 9.3.

Palabras clave

Materia Orgánica, Georeferencia, Kriging, Suelo Agrícolas, Comarca Lagunera

Introducción

Los suelos agrícolas de los municipios de la Comarca Lagunera, de acuerdo con su formación se pueden dividir en tres grupos: a) Suelos Aluviales recientes, de perfil ligeros, cuyas texturas varían de migajón arenoso a arenas. En una superficie aproximada de 75,000 has., estos suelos corresponden a las clases 1º, 2º y 3º. b) Suelos correspondientes a últimas deposiciones arcillosos en su mayor parte y con mal drenaje. Cubren una superficie aproximada de 100,000 has. c) Suelos de características intermedias, entre los dos citados anteriormente; es decir, que su perfil es variable, entre arcilloso y migajón arenoso; abarcan una superficie de 192,000 has. Estos suelos ocupan la parte central del área cultivada y por sus características fisicoquímicas se localizan los cultivos más importantes. Son ricos en fósforo, potasio, magnesio, calcio, pero pobres en nitrógeno.

La materia orgánica se encuentra en bajas proporciones, sobre todo en los terrenos cultivados. Sin embargo, el bajo contenido de MO influye de manera negativa en una pobre estructura de los suelos regionales (Sustaita *et al.*, 2000), lo cual los convierte en altamente susceptibles a la erosión, tanto eólica como hídrica (Kirkby y Morgan, 1984). Así, se genera un serio problema de



Conservación del recurso suelo para la región, lo que motiva la ejecución de programas encaminados a sanear los suelos y mejorar su sostenibilidad. Para orientar de manera adecuada programas de esta índole, se requiere de un diagnóstico cuantitativo y ágil sobre la situación de algunos parámetros físicos y químicos de estos suelos.

De acuerdo con Arango (2004), el análisis de la variabilidad espacial de las características de un campo, es uno de los pilares en los que se fundamenta la agricultura de precisión. Los suelos más evolucionados presentan menor variabilidad espacial. Su identificación ayuda a mejorar el muestreo, el diseño de experimentos, la interpretación de los resultados, y presenta la posibilidad de manejar más eficientemente los recursos productivos, con menor riesgo de deterioro ambiental.

Upchurch y Edmonds (1992) señalan que cuando la variabilidad no puede relacionarse con causas conocidas, se define como variabilidad aleatoria o debida al azar, mientras que si puede ser atribuida a causas conocidas, entendibles y predecibles, se denomina variabilidad sistemática. Esta última tiene dos componentes: uno de tendencia relacionada con la localización de las muestras y que puede llamarse tendencia espacial (T) y otro de dependencia espacial (DE).

La dependencia espacial se caracteriza porque las propiedades que la presentan adquieren valores diferentes dependiendo del espaciamiento entre las muestras o de la distancia y la dirección en que ellas sean recolectadas; las variables que tienen este comportamiento son llamadas variables regionalizadas. Para estudiar variables que presentan dependencia espacial se tiene un conjunto de procedimientos estadísticos que se conoce como Geoestadística. Su herramienta fundamental no es el semivariograma, el cual es una gráfica que relaciona la semivarianza de los pares de puntos de muestreo que están separados una determinada distancia, con los incrementos en la distancia de separación entre ellos.

El grado de dependencia espacial de las propiedades del suelo es muy variable. Si se establece el porcentaje que le corresponde a la variabilidad aleatoria (nugget) de una propiedad, dentro de la variabilidad total (sill) que presenta, puede estimarse el grado de dependencia espacial que tiene.

El conocimiento de la variabilidad espacial del suelo, aparte de mejorar el conocimiento que se adquiere del mismo cuando se establece, tiene varias aplicaciones prácticas como:

- Elaboración de mapas de propiedades del suelo por procesos de interpolación.
- Realizar controles de calidad de mapas de suelos.
- Definir el tamaño y la ubicación de unidades experimentales en el campo.
- Mejorar los sistemas de muestreo de suelos.
- Optimizar la interpretación de resultados de investigación.
- Ayudar en el manejo intensivo y sostenibilidad ambiental de los suelos.



Materiales y Métodos

Para el muestreo de suelos, se partirá del mapa del área agrícola del Distrito de riego 017 y por medio del SIG ARCGIS 9.3, se establecerá un diseño sistemático con base a una plataforma de proyección de cuadrícula UTM (universal transversal de mercator), con muestreo georreferenciado, lo que producirá un total de 90 sitios a muestrear. De esta forma, la superficie total estudiada será de 7,500 has, distribuidas en 7 módulos de riego pertenecientes al Distrito de Riego 017. La distancia entre sitios de muestreo será calculada en función de la superficie de cada módulo.

Posteriormente, se realizará el análisis con el enfoque de la geoestadística, para lo cual se calcularán los valores de semivarianza experimental; luego, se ajustará el semivariograma experimental al semivariograma teórico utilizando el método gráfico (Gotway y Hartford, 1996). El ajuste consistirá en fijar un modelo matemático teórico conocido del semivariograma a los puntos del semivariograma experimental (Burrough, 1987; Rossiet *al.*, 1992; Maurer, 1994). Una vez conocido el modelo teórico y el valor de los parámetros del semivariograma, se aplicará el método de interpolación de kriging, utilizado para obtener los mapas de distribución de los valores de las variables en el área de estudio, utilizando el programa geoestadístico ARCGIS.

Métodos de interpolación espacial

Posteriormente, se hizo el análisis con el enfoque de la geoestadística, para lo cual se calcularon los valores de semivarianza experimental con la Ecuación 1; luego, se ajustó el semivariograma experimental al semivariograma teórico utilizando el método gráfico (Gotway y Hartford, 1996). El ajuste consistió en fijar un modelo matemático teórico conocido del semivariograma a los puntos del semivariograma experimental (Burrough, 1987; Rossiet *al.*, 1992; Maurer, 1994). Una vez conocido el modelo teórico y el valor de los parámetros del semivariograma, se aplicó el método de interpolación de kriging, utilizado para obtener los mapas de distribución de los valores de las variables en el área de estudio, utilizando el programa geoestadístico ARCGIS 9.3.

Para ajustar los datos experimentales a un modelo de semivariograma, primero se estima la semivarianza en función de la distancia ($g(h)$) de los datos con la fórmula:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [Z(x_i) + Z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

Dónde: $Z(x_i)$ = valor de la variable en el punto i ;

$Z(x_i+h)$ = valor de la variable en el punto $x_i + h$;

$n(h)$ = número de veces que dos puntos distintos están separados por una misma distancia h .

Una gráfica de $g(h)$ contra h se conoce como semivariograma experimental y se usa para obtener el valor de los parámetros que lo definen y darle estructura.



Generación de la imagen raster de las variables

Los parámetros del modelo de interpolación de mejor ajuste se utilizaron para generar una imagen raster en el módulo de análisis de superficie de ArcGIS 9.3. A partir de esta y por medio del mismo SIG, se realizó el análisis de la variación espacial en el área agrícola de la Región Lagunera, para caracterizar los suelos del área de estudio. De la cual se obtuvieron 62 muestras tomadas al azar, cuya superficie contempla la mayoría de los módulos de riego del distrito de riego 017, como puede verse en la Figura 2; en la figura se muestran, algunos puntos que quedan fuera del área de estudio los cuales se desecharon.

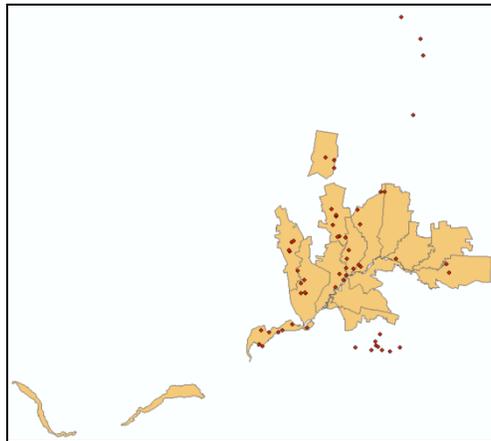


Figura 2.- Puntos de muestreo distribuidos sobre el distrito de riego 017

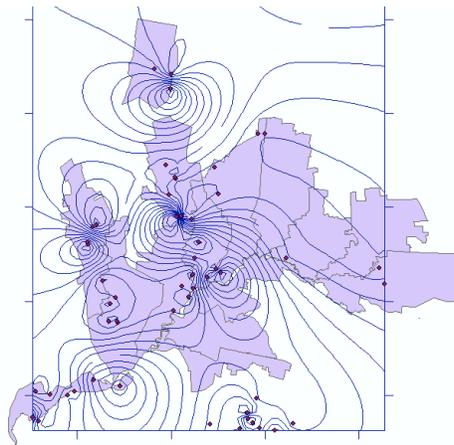


Figura 3.- Mapa de distribución de MO sobre los módulos del distrito de Riego 017

En la figura 3.- se presenta la distribución espacial de materia orgánica sobre los módulos del distrito de riego 017.



Determinación de la Materia Orgánica

El principal componente de la MO del suelo es el carbono orgánico, por lo que todos los métodos basados en la oxidación del carbono orgánico del suelo sirven como determinación indirecta de la MO. El valor de la MO del suelo se obtiene a partir del contenido en carbono orgánico multiplicado por el factor 1,724 (coeficiente de Walkman). El método más utilizado es el de Walkley y Black, cuyo fundamento es la determinación del carbono orgánico que se oxida con dicromato potásico en presencia de ácido sulfúrico; el exceso de oxidante se valora con sulfatoferroso amónico (sal de Mohr) y la cantidad de carbono orgánico oxidado se calcula a partir de la cantidad de dicromato reducido. (M.A.P.A., 1994). La oxidación de la materia orgánica con dicromato en medio ácido, se desarrolla siguiendo la siguiente reacción:

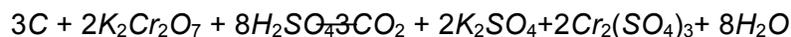


Tabla 1.- Estadísticos descriptivos de los datos de materia orgánica.

Media	1.29
Desviación estándar	0.43
Max	2.42
Min	0.60
Moda	1.14
Mediana	2.18
Variabilidad	0.33

Como se puede observar en la Tabla 1, se observa que el valor máximo de contenido de materia orgánica es de 2,42%, siendo el valor mínimo de 0,6%. La media es de 1.29 y la mediana es de 2.18 y la moda es de 1.14 y la variabilidad es de 0.33.

Resultados y Discusión

Con respecto a los valores de contenido de MO obtenidos en los muestreos de campo, se apreció que en promedio, el contenido de MO en el área de estudio es de 1%, pero se presentan valores tan bajos como 0.06%.

Conclusiones

Los métodos de interpolación utilizados permitieron determinar con precisión razonable la distribución espacial de la MO en los suelos agrícolas del Distrito de Riego 017. El método Kriging Ordinario mostró ser ligeramente superior a los otros métodos en la interpolación espacial de la MO del suelo.

Bibliografía

- Fortis H. M., J. A.R. Leos., I.C. Orona, J. L. García-Hernández., E.S. Salazar, P.R. Preciado, J. A.V. Orozco y M. A.C. Segura. 2009. Uso de estiércol en la Comarca Lagunera. pp. 104-127. In: Orona C., E.S. Salazar, M.H. Fortis, H. I. E. Trejo, C.V. Vázquez. (eds.). Agricultura Orgánica, FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango, México.
- Gotway, C. A. and A. H. Hartford. 1996. Geostatistical methods for incorporating auxiliary information in the prediction of spatial variables. J. Agric. Biol. Environ. Stat. 1: 17-39.
- Gotway C.A., R.B. Ferguson, G.W. Hergert, T.A. Peterson. 1996. Comparison of Kriging and Inverse Distance Methods for mapping soil parameters. Soil Science Society of American Journal 60:1237-1247.





PREPARACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO USANDO RESIDUOS AGRÍCOLAS ABUNDANTES EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA

Torres-Pérez, J.^{1*}; Soria-Serna, L.A.¹; Escobedo-Hernández, S.¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez-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. C.P. 32310. Tel: +52 (656) 6881821 ext.1621

Resumen

Algunos residuos agrícolas han mostrado ser materiales precursores prometedores para la producción de carbones activados debido a su disponibilidad y bajo precio por ser considerados como residuos. Dichos precursores pueden ser usados para la producción de materiales carbonosos con altas capacidades de sorción, estabilidad mecánica considerable y bajo contenido de cenizas. La influencia de las condiciones de activación sobre las propiedades del carbón activado es discutida para los diferentes materiales obtenidos. Bajo ciertos procesos de activación, fueron elaborados varios materiales carbonosos con características superficiales similares a las encontradas en carbones activados comerciales. Así mismo, se realizó una comparación entre las características de materiales carbonosos obtenidos de dos precursores de origen agrícola de alta abundancia en el Estado de Chihuahua (cáscara de nuez y semilla de algodón).

Palabras clave

Residuos agrícolas; valorización; carbón activado.

Introducción

Los carbones activados para utilización comercial son generalmente preparados a partir de diferentes fuentes de materias primas que utilizan diferentes métodos de procesamiento. Las principales materias primas para la preparación de los carbones activados son carbón, petróleo, turba, madera y desechos agrícolas. Entre los cuales, el carbón es el precursor más comúnmente utilizado para la producción de carbón activado debido a la ventaja de su disponibilidad y el costo. (Ahmadpour, 1996). En general, cualquier material orgánico con proporciones relativamente altas de carbono es susceptible de ser transformado en carbón activado (Giraldo *et al.*, 2008). Para la producción de carbón activado se debe partir de una materia prima con propiedades bien definidas tales como abundancia, dureza, estructura inherente de poros, alto contenido de carbono, bajo contenido de ceniza y alto rendimiento en masa durante el proceso de carbonización (Bastidas, *et al.*, 2010). Todo esto aunado a buena disponibilidad y bajo costo (el precio de la materia prima afecta el costo final, por lo que una alta disponibilidad es importante para garantizar precios estables), también debe tenerse en cuenta que hay una pérdida considerable de masa en todo el tratamiento de activación, y entre menor es el rendimiento del producto, mayor será el costo (Menéndez-Díaz y Gullón, 2006). Debe poseer bajo contenido en materia mineral y que el carbón resultante posea buenas



propiedades mecánicas y capacidad de adsorción. Los adsorbentes de bajo costo son materiales que generalmente requieren poco procesamiento y son abundantes en la naturaleza, o son productos de desecho derivados de otros procesos. Los subproductos agrícolas están disponibles en grandes cantidades y constituyen uno de los recursos renovables más abundantes en el mundo. Gracias a la abundancia y disponibilidad de los subproductos agrícolas se han convertido en una buena fuente de materias primas para carbones activados (Demirbas, 2009). En cuanto a la cáscara de nuez como precursor, se tiene que la superficie cosechada de nogal Pecanero se localiza en el norte del país y prácticamente en su totalidad en las áreas de riego (gravedad y bombeo), y en áreas muy marginales de temporal. Los principales Distritos de riego con plantaciones de nogal son: Costa de Hermosillo en Sonora, Delicias en Chihuahua, y la Región Lagunera en Coahuila-Durango. Las 48,992 ha cosechadas en el año agrícola 2000 generaron un valor de la producción nominal de 1,233.5 millones de pesos distribuida en Chihuahua (60.92%) Coahuila (21.12%) Durango (7.63%) Nuevo León (5.23%) y Sonora (5.09%). El rendimiento nacional fue de 1.18 t/ha y de 1.4 t/ha en Chihuahua, principal estado productor (ASERCA, 2002). México es uno de los principales productores de nuez pecanera a nivel mundial, la nuez se cosecha entre octubre y diciembre con las variedades Western, Wichita y criollas, principalmente. En el año 2009, la producción anual estimada en México fue de 115,350.24 toneladas; el Estado de Chihuahua fue el mayor productor nacional de nuez con una producción de 74,226.18 toneladas ocupando el 64.35% de la producción total nacional, seguido de Coahuila con una producción de 19,432.56 toneladas y Sonora con 7,887.70 toneladas en ese mismo año (SIAP, 2010). En lo que respecta a la semilla de algodón como medio de obtención de carbón activado resulta ser muy favorable ya que a nivel nacional los estados que destacan en la producción de algodón son Chihuahua, Baja California y Coahuila. El estado de Chihuahua es el líder en la producción de algodón obteniendo volúmenes de producción que van de las 70 mil a las 200 mil toneladas. El año 2006 fue el más relevante a producción pues generó una producción de 245,876 toneladas. El objetivo general de este trabajo fue evaluar la factibilidad de fabricación de materiales carbonosos con propiedades adsorbentes específicas mediante un proceso de carbonización/activación simultáneo de dos precursores agrícolas con alto contenido de lignina y/o celulosa.

Materiales y Métodos

Los métodos de preparación de los materiales carbonosos obtenidos de los residuos agrícolas (cáscara de nuez pecanera y semillas de algodón) se presentan a continuación. Los materiales precursores se sometieron a calentamiento previo o secado en una estufa marca SHEL LAB a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 24 horas, posteriormente se pesaron y se colocaron en un horno rotatorio marca Carbolite modelo HTR 11/75 provisto con un reactor de cuarzo giratorio en donde se llevó a cabo el proceso de carbonización a diferentes temperaturas y condiciones; el primer proceso de carbonización se llevó a cabo a una temperatura de 600°C y sin activación alguna (solo para la cáscara de nuez), el segundo carbón se realizó con una temperatura máxima de calentamiento de 857°C y activación con H_2O a un flujo de $0.7 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$. Ambos procesos se llevaron a cabo con un flujo constante de N_2 ($0.5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$). Posteriormente se realizaron dos carbonizaciones más bajo las mismas condiciones que se presentaron anteriormente a excepción de la activación, dicho proceso se llevó a cabo a una temperatura de 857°C y sin activación alguna. Como resultado se obtuvieron los siguientes carbones: los primeros dos carbones fueron obtenidos de la cáscara de nuez sometida a 600°C , sin embargo uno fue activado con H_2O y a el otro no se le realizó ninguna activación y fueron nombrados NAC-600- H_2O y NAC-600 respectivamente. Los carbones restantes se prepararon a partir de la cáscara



de nuez que fue sometida a 857 °C y al igual que en el caso anterior uno fue activado con H₂O y el otro no sufrió activación alguna, y se nombraron NAC-857-H₂O y NAC-857 respectivamente. Los materiales obtenidos de la semilla de algodón fueron nombrados como AAC y AACa-H₂O para el carbonizado y el activado respectivamente. Todos los materiales obtenidos fueron separados en 2 diferentes tamaños de partícula, uno menor a 0.2 mm (carbón en polvo) y otro grupo con tamaño de partícula entre 0.2 y 2.0 mm (carbón granular). Para la determinación de pH de carga nula (pH_{PZC}) se utilizó el carbón con tamaño de partícula menor a 0.2 mm para todos los carbones obtenidos, se comenzó preparando una solución de NaCl 0.01 M, de la cual se tomaron 50 mL para colocar en cada uno de los reactores de plástico utilizados; posteriormente a cada uno se les ajustó el valor de pH (en el intervalo de 2 a 12) con soluciones de HCl y NaOH 0.1M para finalmente tomar el valor de pH transcurridos 5 días de contacto. En cuanto a la determinación de contenido total de cenizas, dicho parámetro fue calculado siguiendo el método estándar para la determinación de cenizas totales en carbón activado D2866-94 (ASTM, 1994). Por otra parte, se utilizó microscopía electrónica de barrido de alto vacío y microanálisis elemental por espectroscopia de rayos X de energía dispersa para determinar la composición elemental de los materiales carbonosos. Los análisis se realizaron en un microscopio electrónico marca PHILLIPS XL30 y una sonda EDAX DX-4.

Resultados y Discusión

El rendimiento promedio de los carbones obtenidos fue para NAC-600-H₂O, NAC-600 y NAC-857 alrededor del 35% con excepción de NAC-857-H₂O, con el cual se obtuvo un rendimiento más bajo (22.10%) (Cuadro 1). Para el pH de carga nula se obtuvieron en todos los casos valores de pH básicos y similares entre sí, a excepción de NAC-857-H₂O que presentó el valor de pH más alto de los cuatro carbones (10.5). La presencia de cenizas en una muestra de carbón es un factor determinante para determinar la cantidad de compuestos inorgánicos en forma de óxidos en la estructura del material analizado, en todos los casos, los porcentajes correspondientes al contenido total de cenizas fue inferior a 16.03%, lo que representa altos porcentajes de material orgánico y en este caso correspondiente a carbón elemental que es el principal compuesto contenido en los carbones activados para que puedan ser denominados como tales. En el caso de los materiales obtenidos de semillas de algodón el rendimiento fue menor al obtenido con cáscara de nuez, esto se debió probablemente a que la semilla posee aceites y compuestos orgánicos en mayor medida que la cáscara de nuez y cuyas sustancias fueron eliminadas en el proceso de carbonización a altas temperaturas.

En las Figuras 1 y 2 se muestran imágenes de microscopía electrónica de barrido de alto vacío del material carbonoso NAC-857 y NAC-857-H₂O donde se puede observar la porosidad del material; se distinguen diferentes tamaños de poros, sin embargo no existe diferencia morfológica significativa entre una muestra y otra. En el Cuadro 2 se muestra la composición elemental de los materiales carbonosos donde se muestra que el componente mayoritario del material en todos los casos es el carbono, seguido de oxígeno y calcio.

Cuadro 1. Caracterización de los materiales carbonosos obtenidos

Parámetro	NAC-600	NAC-600 H ₂ O	NAC-857	NAC-857-H ₂ O	AAC-857	AAC-857-H ₂ O
Rendimiento (%)	33.58	39.27	33.01	22.10	23.50	18.3
pH _{PZC}	9.0	9.0	8.0	10.5	9.5	9.0
Contenido total de cenizas (%)	16.03	14.13	14.21	12.50	15.11	13.73



Figura 1. Imagen de microscopia electrónica de barrido de alto vacío del material carbonoso NAC-857

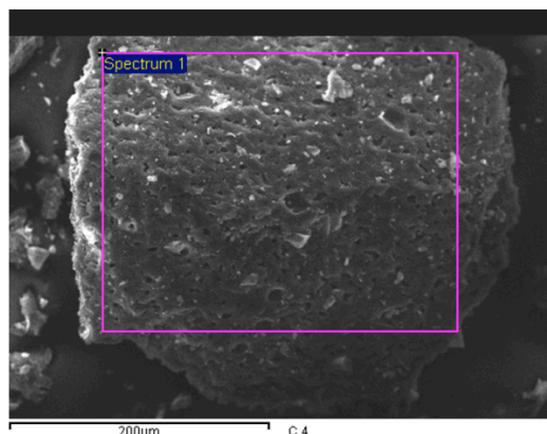


Figura 2. Imagen de microscopia electrónica de barrido de alto vacío del material carbonoso NAC-857-H₂O.

Cuadro 2. Composición elemental del material carbonoso NAC-857.

Elemento	NAC-600 Peso (%)	NAC-600 H ₂ O Peso (%)	NAC-857 Peso (%)	NAC-857- H ₂ O Peso (%)	AAC-857 Peso (%)	AAC-857- H ₂ O Peso (%)
C	85.075	70.23	89.272	89.55	81.53	87.48
O	14.668	21.5	8.534	7.992	13.62	11.51
Si	ND	15.91	ND	ND	ND	ND
Mg	ND	ND	ND	ND	1.18	0.33
K	ND	0.558	0.632	0.694	1.85	ND
Ca	0.7025	1.294	1.566	1.594	1.81	0.25

ND: No detectado

Por otro lado, la cuantificación de oxígeno demostró que se llevó a cabo un proceso de carbonización/activación efectivo y dicho elemento se encontró el porcentajes menores al 21.5% en todos los casos, lo que establece que la cantidad de cenizas (óxidos metálicos) en los materiales es poca como es deseable en los carbones activados. Así mismo, se confirmó la presencia de algunos elementos en menor proporción tales como Si, Mg, K, y Ca mismos que fueron variables en cada uno de los materiales debido a que la técnica utilizada es puntual.



Conclusiones

El método de carbonización/activación utilizado en los presentes estudios, resultó ser una buena y eficiente técnica para obtener materiales viables con propiedades específicas. Se obtuvieron porcentajes de recuperación buenos comparados con datos reportados en la literatura, lo cual aumenta el valor del material, ya que no solo se obtiene un material carbonoso con las características específicas deseables, si no que se aprovechan y reutilizan residuos agrícolas del Estado de Chihuahua. La activación con vapor de agua resultó ser un factor determinante para incrementar la posible capacidad de sorción de los materiales carbonosos, observándose un aumento en la cantidad de poros presentes en la superficie de éstos. Por otro lado, la determinación del pH de carga nula en la superficie de los materiales presentó valores similares, lo que indica que el método de activación utilizado no influyó de manera importante en las cargas superficiales de los materiales. Así mismo, todos los materiales presentaron carácter básico, lo cual es útil para el conocimiento de la afinidad de posibles adsorbatos. En las imágenes de microscopia electrónica de barrido de alto vacío, se pudo observar claramente la porosidad de los materiales, la cual fue mayor cuando el material fue sometido a temperatura de 857°C y su posterior activación con vapor de agua. El microanálisis elemental permitió conocer la composición elemental de los materiales carbonosos elaborados, donde dicha composición elemental es muy similar en la cantidad de elementos encontrados y el contenido total de carbono supero el 70% lo que da pie a describir los materiales obtenidos como verdaderos carbones activados.

Agradecimientos

Al Programa de Mejoramiento al Profesorado (PROMEP-SEP) por el financiamiento otorgado a través del proyecto PROMEP/103.5/12/3457, así como al Fondo Mixto del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y el Gobierno del Estado de Chihuahua por el financiamiento otorgado a través del proyecto CHIH-2012-C03-194671. Así como al Dr. Marcos José Solache Ríos del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares por su apoyo en la realización de análisis para la caracterización de los materiales.

Bibliografía

- Ahmadpour, A., D.D., Do. 1996. The preparation of active carbons from coal by chemical and physical activation. *Carbon*.34: 471–474.
- ASERCA. 2002. Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria. Claridades Agropecuarias-SEMARNAT <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/107/ca107.pdf> (Consultado el 05 de abril de 2014).
- ASTM Standards, 1994. Standard Test Method for Total Ash content of Activated Carbon. *Annual Book of American Society for Testing and Materials*.15: 478.
- Bastidas, M., L.M., Buelvas, M.I., Márquez, K., Rodríguez.2010. Producción de Carbón Activado a partir de Precursores Carbonosos del Departamento del Cesar, Colombia. *Inform. Tec.* 21: 3-8.
- Demirbas, A., 2009. Agricultural based activated carbons for the removal of dyes from aqueous solutions: A review. *J.Hazard. Mat.* 167: 1–9.
- Giraldo, L., V., García, J.C., Moreno. 2008. Caracterización superficial en fase gas y líquida de carbones activados. *Revista de Ingeniería*, 27:7-16.
- Menéndez-Díaz, J.A., I., Martín-Gullón.2006. Types of carbon adsorbents and their production, in Bandosz, T.J. *Activated Carbon Surfaces in Environmental Remediation*. The City College of New York, New York, USA, *Inter.Sci.Tech.* 7: 1-47.
- SIAP, 2010. Nuez, análisis de competitividad. Gobierno del Estado de Chihuahua. <http://www.chihuahua.gob.mx/attach2/sdr/uploads/File/nuez.pdf> (Consultado el 12 de agosto de 2014).





ZONIFICACIÓN AGROCLIMÁTICA DE LA CUENCA DE MÉXICO

Villeda-Monsalvo, A.^{1*}; Tijerina-Chávez, L.¹; Crespo-Pichardo, G.¹; Arteaga-Ramírez, R.²

¹ Colegio de Posgraduados. Carretera México-Texcoco, km. 36.5, Montecillo, Estado de México. C.P. 56230.

² Departamento de Irrigación Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 carretera México- Texcoco., Chapingo, México. C.P. 56230.

* villeda.alondra@colpos.mx, Colegio de Posgraduados. Carretera México-Texcoco, km. 36.5, Montecillo, Estado de México. C.P. 56230. Tel. 01595-952-0200.

Resumen

La variación de las condiciones climáticas en México ha sido un factor limitante para establecer cultivos sustentables en donde solo se practica agricultura de autoconsumo. Este tipo de fenómenos no se puede cambiar; sin embargo, se pueden establecer cultivos que se adapten a las condiciones del lugar, en este trabajo se analizaron las variables meteorológicas de temperatura y precipitación para saber si los cultivos de frijol, haba, maíz, papa y trigo presentan condiciones para desarrollarse satisfactoriamente en la cuenca de México. Mediante el análisis de frecuencia de la lluvia se determinó el periodo de crecimiento; para el periodo de crecimiento se calculó la probabilidad de no excedencia de lluvia al 20 y 70 %. Posteriormente se calculó el balance hídrico simplificado para cada estación a los dos niveles de probabilidad, obteniéndose las deficiencias, la humedad almacenada y los excesos que se pueden presentar para cada estación; para zonificar la región de la Cuenca de México se calculó el índice de satisfacción de necesidades hídricas de los cultivos. Se concluye que el cultivo de maíz presenta más problemas de adaptación en la región de estudio, se recomienda la siembra de maíz bajo la aplicación de riegos en etapas críticas del cultivo. El cultivo con más adaptabilidad es el frijol. En términos generales todos los cultivos estudiados pueden establecerse sin problemas en la región suroeste, ya que esta zona tiene potencial para la adaptación climatológica de los cultivos en base al índice de satisfacción de necesidades hídricas

Palabras clave

Zonificación; balance hídrico; índice de satisfacción de necesidades hídricas.

Introducción

La agricultura en México, sigue siendo predominantemente de temporal y la mayor parte de esta agricultura sigue desarrollándose a cielo abierto, por lo que se tiene una total dependencia de los elementos climáticos, es de suma importancia estudiar las variaciones de estos elementos a través del tiempo, y así determinar las condiciones óptimas en las cuales puedan desarrollarse los cultivos satisfactoriamente. En el presente trabajo de investigación se realizó una caracterización agroclimática de la región de la cuenca de México con base en un estudio de balance hídrico a fin de planear e implementar nuevas tecnologías que ayuden a conocer que cultivos se adaptan mejor a las condiciones de un lugar.

Con la ayuda de un Sistema de Información Geográfico (SIG) se obtuvieron las zonas aptas para el establecimiento de frijol, papa, trigo, haba y maíz; estas zonas se crearon en base a excesos y deficiencias de humedad que presentaban los cultivos en la región de estudio, pero



por la extensión permitida en este resumen, únicamente se hablará de la metodología y se ejemplificará con un cultivo en el capítulo de resultados.

Materiales y Métodos

La Cuenca de México es el nombre dado a la reunión de cuatro valles en la parte central del territorio mexicano, ubicada dentro de la región hidrológica No. 26 llamada Pánuco y la región XIII llamada “Valle de México y Sistema Cutzamala”, está dividida políticamente entre el Estado de México, Distrito Federal, Hidalgo y Tlaxcala con una pequeña zona en Puebla. Con un promedio anual de 700 mm de precipitación, clima templado con valores de 15 a 25 °C, precipitaciones de junio a septiembre. La cuenca se delimito con la extensión SWAT (Soil and Water Assessment Tool), de ArcView 3.2; esta herramienta permite al usuario poder delimitar cuencas en base a un procedimiento automático utilizando datos de Modelos de Elevación Digital (DEM).

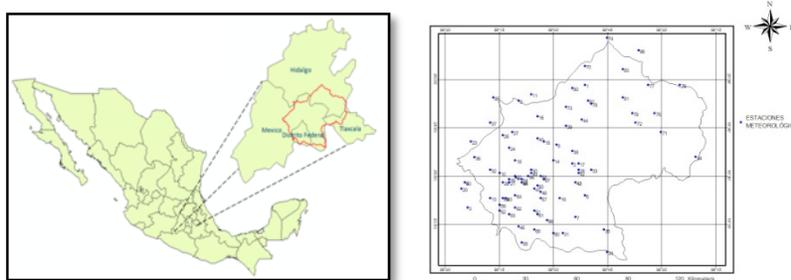


Figura 1. Localización del área de estudio y ubicación de las estaciones meteorológicas en la cuenca.

Para la selección de las estaciones meteorológicas de la zona de estudio se utilizó la base de datos MdCli 1.0.0.4 Manejador de datos Climáticos de México (Crespo, 2012), se seleccionaron 44 estaciones del Estado de México, 25 del Distrito Federal y 17 del Estado de Hidalgo, ver Figura 1. La evapotranspiración de referencia E_{To} es “la tasa a la cual el agua, es removida del suelo y de la superficie de la planta, de un cultivo específico llamado arbitrariamente de referencia (Ángeles, 2000). Para el cálculo de E_{To} se utilizó el método de Thornthwaite (1948) que se basa en la determinación de la evapotranspiración en función de la temperatura media mensual, con una corrección en función de la duración astronómica del día, el número de días del mes y un coeficiente exponencial que afecta la temperatura media. El coeficiente de cultivo se estimó siguiendo la metodología de la FAO (1976), este método divide en cuatro fases al cultivo, se consultó el Boletín 24 de la FAO (Doorembos y Pruitt, 1977) y el Diagrama de las principales especies vegetales con las cuales se efectúan investigaciones agrícolas en México (Cuadro 1).

Cuadro 1. Duración de las etapas del ciclo vegetativo de los cultivos estudiados (días).

	FRIJOL	PAPA	TRIGO	HABA	MAÍZ
ETAPAS					
Inicial	20	25	20	20	30
Desarrollo	30	30	30	30	40
Mediados	40	45	60	30	40
Cosecha	20	30	20	20	30
Duración del ciclo completo (Días)	110	130	130	100	140

La evapotranspiración del cultivo (ETc) es la cantidad de agua que pierde en cada una de sus etapas un cultivo cuando la humedad del suelo es adecuada (Ramírez, 2007). La ETc representa la tasa de evapotranspiración un cultivo, que crece en grandes campos y en condiciones óptimas de ordenación agronómica y de riego (Doorembos y Pruitt, 1977). La ETc es la suma de la transpiración del cultivo y de la evaporación de la superficie del suelo. La capacidad de Almacenamiento de agua en el suelo, se determinó a partir de la textura del suelo proporcionados por el INEGI en el CD Perfiles de suelo versión 1.2. Con los datos de textura se entra en la Figura propuesta por Norero (1976); los datos se asignaron a las estaciones realizando Polígonos de Thiessen con el software ArcMap 10 utilizando la herramienta CreateThiessenPolygons ver Figura 3.

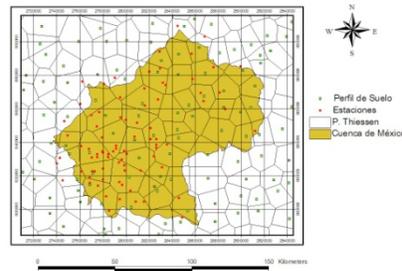


Figura 3. Área de influencia de los pozos de observación agrológica para determinar la textura del suelo.

Con los datos de precipitación, CAA y ETc se realizó el balance hídrico simplificado con la ecuación 1, en la ecuación se introdujo el valor de la precipitación a un cierto nivel de probabilidad, la probabilidad de ETp debe ser el complemento de éste. El balance hídrico se obtuvo mediante la ecuación 1, (Arteaga et al., 2001):

$$HA_i = HA_{i-1} + P_i - ETM_i \quad (1)$$

El Índice de satisfacción de necesidades hídricas (ISNH) indica de manera acumulativa la amplitud en que las necesidades hídricas de los cultivos anuales han sido satisfechas en cada fase de la estación de crecimiento del cultivo (FAO, 1986) citado por (Arteaga et al., 2001).

$$I_i = I_{i-1} - \frac{Déficit_i}{\sum ETc} 100 \quad (2)$$

Al inicio de la estación de crecimiento (decena 16), se toma el valor de 100 porque la disponibilidad de agua en el suelo antes de la fecha de siembra debe satisfacer las necesidades de agua de la planta durante la primera década. El ISNH permite dar un diagnóstico de la factibilidad de adaptación de un cultivo en una región, ya que indica el porcentaje con que la humedad del suelo satisface las necesidades hídricas de los cultivos; se clasificó en cuatro categorías como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro2 .Categorías del Índice de satisfacción de necesidades hídricas.

Índice de Satisfacción de Necesidades Hídricas (%)	Categoría
>90	Excelente
75-90	Bueno
60-75	Regular
<60	Malo

La cartografía se realizó con la ayuda del programa ArcView 3.2 con la extensión SpatialAnalysisSurface, dicha extensión interpola con el método del inverso de la distancia (IDW) y muestra las zonas de las variables que se pretenden representar.

Resultados y Discusión

En la distribución espacial de la lluvia probabilística al 70% para el cultivo de Frijol, se observa que la zona del suroeste llueve en un rango que va de los 440 a 518 mm; donde menos llueve es la zona centro y noreste con una precipitación que va de los 48 a 205 mm y representan la mayor parte de la región. En la distribución espacial de la lluvia probabilística al 20% para Frijol, se observa claramente que en la región suroeste llueve de 800 a 1000 mm; en la mayor parte de la región llueve entre 400 y 600 mm Figura 4.

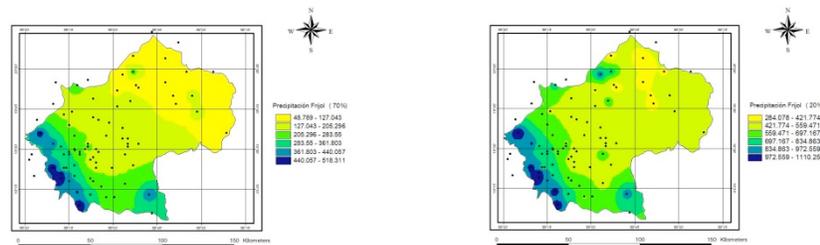


Figura 4. Áreas aptas para el cultivo de frijol para el 70 y 20 % de probabilidad de excedencias

El déficit se ve más evidente en la zona norte y centro de la región de estudio principalmente a la probabilidad de 70%. De acuerdo al análisis realizado se puede observar que para la probabilidad de 70% de lluvias se presentan más deficiencias de humedad para todos los cultivos salvo la estación 15231 que no presenta deficiencias a ninguna probabilidad y para ningún cultivo. Al 20% de probabilidad las deficiencias disminuyen. El balance hídrico para la frijol al 70% presenta deficiencias de entre 300 y 550 mm, solamente una pequeña parte el suroeste hay deficiencias de entre 0 y 100 mm. Para el 20% no se presentan deficiencias salvo una pequeña zona al norte de la cuenca del entre 250 a 230 mm.

El ISNH para Frijol a 70% muestra que casi en toda la cuenca no es posible el establecimiento de este cultivo salvo en la región suroeste que presenta condiciones regulares para el Frijol y una pequeña zona que tiene la característica de excelente. Al 20% la zona suroeste presenta la categoría de excelente para el establecimiento de Frijol, la mayor parte de la cuenca presenta condiciones buenas. Cuando disminuye el nivel de probabilidad aumentan las estaciones que son buenas, ver figuras 5.

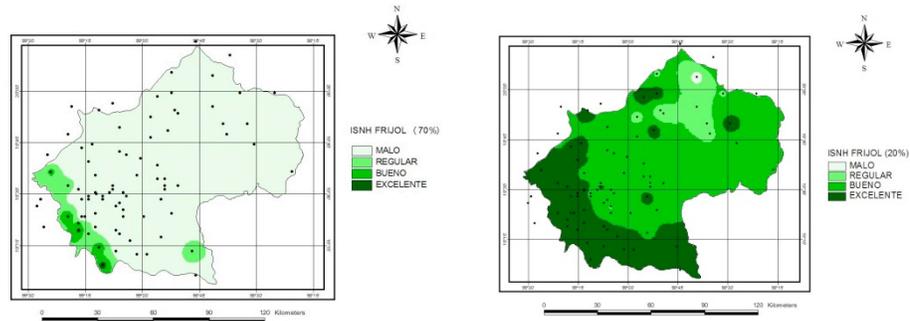


Figura 5. Áreas aptas según el ISNH para el cultivo de frijol para el 70 y 20 % de probabilidad de excedencias

Conclusiones

El cultivo de Frijol presenta problemas de adaptación en la mayor parte de la región de la cuenca de México, cerca del 90% del área de estudio no es apta para el establecimiento del mismo; el resto ubicado en el suroeste se manifiesta como una zona regular, dentro de las categorías en que se clasifica al Índice de satisfacción de necesidades hídricas, esto para una precipitación al 70% de probabilidad de excedencia. Las zonas consideradas como buenas para el establecimiento de Frijol se ubican en el suroeste de la cuenca de México. La zonificación agrícola realizada para el cultivo de Haba para una precipitación al 70% de probabilidad, demostró que solo el 10% del territorio en estudio es bueno para el establecimiento de dicho cultivo. La zona suroeste manifiesta potencial para la adaptación climatológica del cultivo de Haba, maíz, y papa. El Trigo reduce su zona de adaptación, al 20% de probabilidad de lluvia no presenta en ninguna región la categoría de excelente para poder ser introducida. El Frijol cuenta con mayor potencial para su introducción en la región de la cuenca de México, ya que la mayor parte del área se considera como bueno y excelente.

En términos generales todos los cultivos estudiados pueden establecerse sin problemas en la región suroeste ya que esta zona tiene potencial para la adaptación climatológica de los cultivos en base al Índice de satisfacción de necesidades hídricas y los excesos que presentan son pocos y no son muy altos. Se recomienda la siembra de los cultivos estudiados en las zonas consideradas como buenas bajo la aplicación de riegos en etapas críticas del cultivo, esto con la finalidad de alcanzar un óptimo desarrollo y una buena producción de frutos. Para poder realizar agricultura en las zonas con baja precipitación es necesaria la aplicación del algún tipo de riego además de realizar un estudio económico sobre la rentabilidad del cultivo en esa zona.

Bibliografía

- Arteaga, R. R. y P. M. A. 2001. Componentes del Balance Hídrico y metodologías para su cálculo. En: Curso Internacional de Ingeniería de Drenaje Agrícola III. Departamento de Irrigación. Chapingo, México.
- Crespo, P. G. 2012. Manejador de la base de datos climatológicos, www.colpos.mx
- Doorenbos, J. y W. O. Pruitt. 1977. Las necesidades de agua de los cultivos, Estudios FAO, riego y drenaje Boletín N° 24. Roma, Italia.
- FAO. 1997. Zonificación agro-ecológica: guía general. Boletín de suelos N° 73. FAO. Roma, Italia.
- FAO. 1986. Pronóstico Agrometeorológico del rendimiento de los cultivos. Boletín N° 73 de estudio FAO producción y protección vegetal. Roma, Italia.
- INEGI. 2006. Perfiles de suelos. CD. Versión 2.1. Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática. México.



Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C.
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
“Suelos sin fronteras para impulsar a México”

UACJ

- INIA, 1982. Ciclos de cultivo. Diagramas de las principales especies vegetales con las cuales se efectúan investigaciones agrícolas en México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México.
- Norero, A. 1976. Evaporación y Transpiración. Centro de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras (CIDIAT). Mérida, Venezuela.
- Ramírez, M. J. A. 2007. Zonificación Agroclimática del estado de Morelos. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Irrigación. Chapingo, México.
- Rojas, O. E. 1985. Estudio Agroclimático de Costa Rica. Proyecto de agroclimatología. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica.
- Thornthwaite, C. W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review.





CONTROL DE CALIDAD EN EL ANÁLISIS DE SUELOS. PROGRAMA DE CALIDAD E INTERCOMPARACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELO Y PLANTA

Guerrero-Peña, A.^{1*}; López-Romero, R. M.²; García-Rosales, M. E.³, Etchevers-B., J.D.⁴

¹Colegio de Postgraduados – Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco. México.

²Colegio de Postgraduados – Campus Montecillo. Montecillo, Estado de México. México.

³CETis 40-SEP-DGETI. Cunduacán, Tabasco. México.

⁴Colegio de Postgraduados – Campus Montecillo. Montecillo, Estado de México. México.

*Autor responsable: garmando@colpos.mx; Perif. Carlos A. Molina S/N, km 3.5 carret. Cárdenas-Huimanguillo, CP 86500, H. Cárdenas, Tabasco, México; 937 37 22386 ext. 5065

Resumen

La evaluación de la calidad de los resultados que emiten los laboratorios de análisis de suelos se debe realizar mediante evaluaciones internas y externas. La primera se realiza con la calibración de los instrumentos, las repeticiones de muestras analizadas, el análisis de blancos y muestras de referencia interna, principalmente. En el caso de la evaluación externa, esta se realiza con muestras de referencia certificadas y participación en ejercicio de intercomparación. En este trabajo se presenta la evaluación de los laboratorios de análisis de suelos que han participado en el ejercicio de intercomparación 2014. Los resultados indican que el ocho por ciento de los laboratorios participantes no entregó informe final. Las fracciones extractables NH_4^+ , NO_3^- , K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn y Mn) son las que presentan el mayor porcentaje de error.

Palabras clave

Análisis de suelos; Control de calidad; Ensayo de aptitud

Introducción

Con objeto de fomentar la mejora continua de la calidad de los resultados del análisis de suelos y plantas que emiten los laboratorios de México es necesario realizar evaluaciones internas y externas de los datos generados. Esta fue la conclusión de los participantes en el Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo realizado en Cd. Victoria en 1996; y por esta razón, en 1997 se estableció en México el Programa de Calidad e Intercomparación de los Análisis de Suelos y Plantas (ISP). El cual iniciamos en el Laboratorio de Fertilidad de Suelos del Campus Montecillo, y desde 2007 opera en Laboratorio Agroindustrial, Suelo, Planta y Agua del Campus Tabasco. El programa se estableció con la supervisión de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Adicional a lo anterior, la Entidad Mexicana de Acreditación obliga a los laboratorios de ensayo, calibración o unidades de verificación a participar en Ensayos de Aptitud como requisito para obtener y mantener la acreditación. Ya que los resultados de los Ensayos de Aptitud son un indicador de competencia de un laboratorio o unidad de verificación (organismos



de inspección) y son una parte integral del proceso de evaluación y acreditación (NMX-EC-17025-IMNC-2006).

Materiales y Métodos

Para el presente trabajo se utilizaron los resultados del ejercicio de intercomparación 2014. Para ello, se enviaron tres muestras de suelo procedentes de tres estados mexicanos (Campeche, Chiapas y Veracruz) en los cuales se cultiva palma de aceite. Para los análisis se utilizarán los métodos establecidos en la Norma Oficial Mexicana para Análisis de Suelos NOM-021-SEMARNAT-2000 (SEMARNAT. 2002.). Los análisis a evaluar se listan a continuación: pH, CE, MO, NO₃ y NH₄, P- Olsen, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn, Mn y B.

Con el resultado enviado por cada laboratorio para cada suelo se calculó la mediana de las variables de interés. El primer criterio de evaluación consistió en calcular la mediana 1 (μ_1) de los valores obtenidos, con la finalidad de eliminar los datos extremos. Se calculó la desviación absoluta de la mediana (MAD1, σ_1), que es la mediana de los valores absolutos de las observaciones menos la mediana 1 [(X - μ_1)]. Si [(X - μ_1)]/(f* σ_1) > 2, la variable se marcó con doble asterisco (**). El valor de f [(0.7722 + 1.604/n) * t] se obtuvo suponiendo una distribución Gaussiana y la t de Student con (n - 1) grados de libertad con un $\alpha = 0.05$. Se calculó una segunda mediana (MAD2) y una σ_2 , una vez que se eliminaron los valores que se marcaron con doble asterisco, y se volvieron a realizar los mismos cálculos. Si los valores fueron mayores que dos, se marcaron con un asterisco (*).

El segundo criterio de evaluación fue el estadístico Z-score, el cual se calculó por medio de la siguiente fórmula:
en el cuál:

$$Z - score = \frac{X - X_{media}}{s}$$

X = valor obtenido por el laboratorio participante

X_{media} = media de la población, sin considerar datos marcados con ** y con *.

s = Desviación estándar de la población, eliminando los datos marcados con asteriscos.

$$\begin{aligned} \text{Si } [Z] < 1 & \text{ correcto} \\ 1 < [Z] < 2 & \text{ cuestionable} \\ > 2 [Z] & \text{ incorrecto} \end{aligned}$$

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. En el Cuadro 1 se indican los criterios para definir el valor máximo para calificar como reproducible cada propiedad o elemento medido en cada una de las muestras.



Cuadro 1. Coeficiente de variación para evaluar la reproducibilidad (Karla y Maynard, 1991).

Propiedad o elemento	Coeficiente de Variación
pH (Relación 1:2 con agua)	10
Materia orgánica	6
Nitrógeno total (semi-micro Kjeldahl)	10
Fósforo (método Olsen)	20
Calcio (acetato de amonio 1 N pH 7)	20
Magnesio (acetato de amonio 1 N pH 7)	20
Potasio (acetato de amonio 1 N pH 7)	20
Sodio (acetato de amonio 1 N pH 7)	40
Hierro (DTPA)	10
Cobre (DTPA)	10
Zinc (DTPA)	10
Manganeso (DTPA)	10
Nitrato (KCl)	40
Amonio (KCl)	40

Resultados y Discusión

En el ejercicio 2014 del Programa de Calidad e Intercomparación se registraron 24 laboratorios de México y uno de Chile (Figura 1). El 64 % son de instituciones públicas y el 36 % son laboratorios privados. Las instituciones públicas son el INIFAP, INEGI, COLPOS, ECOSUR, Universidades (UNAM, Universidad de Concepción, UADY, UACH, UAEM), Fundación Produce, INECOL, Tecnológicos (Instituto Tecnológico de Roque, Instituto Tecnológico de Oaxaca). Los laboratorios privados (Análisis Técnicos, Fertilidad de Suelos, Laboratorio de Análisis de Suelos, Foliare y Aguas de Unifrut, Laboratorio Análisis Industriales, FYPA, Laboratorio de Investigación Agrícola de Casa Cuervo, Laboratorio Agropecuario Regional (Soc. Coop. Agropecuaria de la Comarca Lagunera S.C.L.), Laboratorio Agrícola Diagnósis). Al final del ejercicio dos laboratorios, que representan el 8 %, no enviaron sus resultados o informes. Los resultados indican que el ocho por ciento de los laboratorios participantes no entregó informe final. Las fracciones extractables NH_4^+ , NO_3^- , K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn y Mn) son las que presentan el mayor porcentaje de error.



Conclusiones

Los resultados indican que deben establecerse programas de control de calidad, en cada laboratorio, más rigurosos a fin de garantizar los resultados emitidos por los laboratorios. Para los usuarios de laboratorios de análisis de suelo deben exigir que se les presenten los sistemas de calidad del laboratorio, a fin de que les garanticen los análisis que soliciten.



Figura 1. Distribución de laboratorios participantes en el ejercicio de intercomparación 2014 del Programa de Calidad e Intercomparación de Suelo y Planta.

Bibliografía

- NMX-EC-17025-IMNC-2006. Evaluación de la conformidad – Requisitos para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.
- SEMARNAT. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación, 31 de diciembre de 2002. México.

