FUNCIONES DE PEDOTRANSFERENCIA PARA ESTIMAR ÍNDICES DE CALIDAD EN SUELOS AGRÍCOLAS DE ZONAS KÁRSTICAS

Aguilar-Duarte, Y[1*]; Cano-González, A[1]; Ramírez-Silva, J[1]; Bautista-Zúñiga, F[2]

[1]Centro de Investigación Regional Sureste-INIFAP. Mérida, Yucatán, México.
[2]Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental-UNAM. Morelia, Michoacán, México.

*Autor responsable: aguilar.yameli@inifap.gob.mx; Calle 6 Núm. 398 por 13 Av. Correa Rachó, Col. Díaz Ordaz, C.P. 97130, Mérida Yucatán, México; Tel. 01-800-088-2222 ext. 88513.

Resumen

La degradación del suelo, es uno de los principales problemas que afecta a la humanidad, impactando negativamente sobre las funciones ambientales del suelo. El objetivo del estudio fue la aplicación de funciones de pedotransferencia para estimar índices de calidad (depuración, descomposición y fertilización) en los suelos agrícolas de la PY. Se realizó un muestreo y análisis de suelos en zonas agrícolas, originándose una base de datos de variables edáficas, a las que se les aplicó ecuaciones de regresión múltiple, ya generadas y validadas en diferentes suelos pristinos de Yucatán y que se tomaron como referencia de comparación. Se observó que los suelos tipo K'an kab, presentan evidencias de degradación en cuanto a la función depurativa. Los suelos tipo Ak'al che's, presentaron baja capacidad de fertilización. De manera general, de los tres indicadores de la calidad del suelo, la capacidad de descomposición de C, es el más favorable en todos los suelos, seguido de la capacidad de depuración y finalmente, la capacidad de fertilización.

Palabras clave
Evolución de C; mineralización; Península de Yucatán

Introducción

Las funciones de pedotransferencia (FPT) son modelos matemáticos que se basan en emplear propiedades del suelo ampliamente conocidas y reportadas en los levantamientos edáficos o medidas fácilmente en el laboratorio, para estimar otros procesos de difícil medición (Pachepsky *et al.*, 2006). La mayoría de las FPT han sido diseñadas para estimar la conductividad hidráulica e infiltración en los suelos (Sobieraj *et al.*, 2001; Nemes *et al.*, 2005). Recientemente se han generado FPT para estimar funciones ambientales y agrícolas en zonas kársticas (Aguilar *et al.*, 2011), así como su validación espacial para bases de datos de suelos de Yucatán (Aguilar y Bautista, 2011). Las FPT ya validadas, son una opción rápida y de bajo costo para ser extrapoladas a zonas con condiciones similares (Pachepsky *et al.*, 2006) como Campeche y Quintana Roo. Wösten *et al.*, (2001) recomiendan para países en desarrollo, realizar aproximaciones empíricas con la información disponible y mediante el uso de las FPT.

La degradación de los suelos en la PY ha ocasionado baja productividad agrícola, forestal y pecuaria, tanto de los sistemas convencionales como de sistemas tradicionales, lo cual ocasiona un bajo rendimiento que perjudica a la economía de la región (Bautista, 2005), así como otros efectos ambientales como la contaminación de acuíferos (Aguilar *et al.*, 2014). Bajo

este contexto, es necesaria la aplicación de las FPT en suelos agrícolas de la PY, principalmente para estimar procesos biológicos. El interés agronómico en la actividad microbiana se debe a su potencial para reciclar los nutrimientos, mejorar la nutrición de las plantas, disminuir o sustituir la aplicación de fertilizantes de origen industrial (Álvarez-Solís y Anzueto-Martínez, 2004) y diagnosticar posibles problemas de la calidad del suelo debidos al uso y manejo. El objetivo del presente estudio fue la aplicación de las FPT para estimar índices de calidad agrícola y ambiental de los suelos agrícolas de la PY e identificar el estado actual.

Materiales y Métodos

La PY está en el sureste de México entre 18° y 21° 30' de latitud norte. Geológicamente es un bloque formado por rocas calizas. La precipitación pluvial va desde menos de 125 mm en el extremo occidental hasta los 800 a 1200 mm en el resto de la superficie. A escalas grandes existe amplia diversidad de relieve, suelos y ecosistemas, encontrándose variaciones horizontales en espacios muy cortos, atendiendo a las características particulares del sistema kárstico (Bautista, 2005). Se eligieron 47 sitios de muestreo: 15 en Campeche, 15 en Yucatán y 17 en Quintana Roo (Figura 1). Se seleccionó el "muestreo bidimensional sistematizado" que consiste en ubicar nueve puntos de muestreo en un patrón regular en cada sitio de muestreo, se tomaron epipedones que se manejaron de forma independiente. Las determinaciones analíticas realizadas a las muestras de suelo fueron: textura, materia orgánica (MO), capacidad de intercambio catiónico (CIC), pH y conductividad eléctrica (CE) (Okalebo *et al.* 1993).

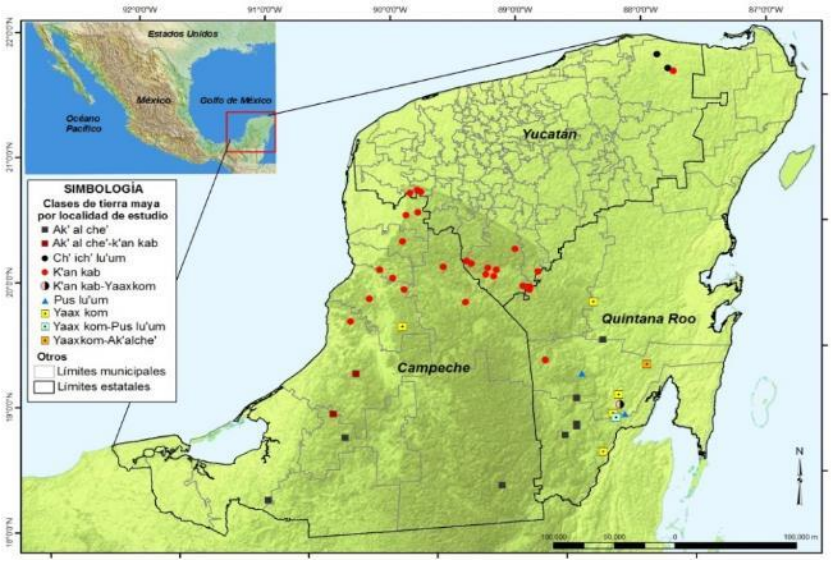


Figura 1. Ubicación de las localidades de muestreo y su clase de tierra con la nomenclatura maya

Las FPT generadas por Aguilar *et al.*, (2011) y validadas por Aguilar y Bautista (2011), utilizaron tres propiedades edáficas -MO, CIC y porcentaje de arcillas (ARC)-, que se correlacionaron altamente con procesos como la retención de materia orgánica disuelta (RMOD), respiración del suelo -medido como evolución de C de CO_2- (Evol. C) y mineralización potencial anaeróbica de N (MPAN). Las ecuaciones de FPT son:

- RMOD= 41.5 + (2.8*CIC) – (0.81*ARC) – (3.5*MO) r = 0.81
- Evol. C= 542.3 + (20.1*MO) + (4.6*CIC) – (2.7*ARC) r = 0.96

- MPAN= -8.4 + (3.45*MO) + (1.12*ARC) – (2.2*CIC) r = 0.88

La capacidad de un suelo para retener materia orgánica, es un indicador de su potencial como depurador o filtro natural, proceso de suma importancia desde el contexto ambiental en zonas kársticas (Aguilar *et al.*, 2014). La Evol. de C, refleja la descomposición de compuestos de C orgánico del suelo por parte de los microorganismos, es un indicador de reciclaje de nutrimentos (Parkin *et al.*, 1996). La mineralización biológica del N del suelo, medido a través del amonio (NH_4^+) refleja la cantidad de N disponible para las plantas, siendo un indicador de la fertilización (Drinkwater *et al.*, 1996).

Los valores de FPT reportados por Aguilar *et al.*, (2011) y Aguilar y Bautista *et al.*, (2011), en suelos pristinos, se tomaron como condiciones edáficas de referencia (USDA, 1999) para comparar con los suelos de uso agrícola. Con los resultados obtenidos, se realizó la estadística descriptiva básica utilizando el software STATGRAPHICS. Finalmente, los resultados estimados con las FPT, se manejaron como porcentajes y se analizaron de manera integral en una gráfica de tipo radial, donde los porcentajes cercanos o equivalentes al 100%, se consideran efectos positivos y viceversa. Así se identifica que los suelos que obtengan el mayor número de efectos positivos, son los suelos de mejor calidad en cuanto a las funciones evaluadas (depuración, descomposición y fertilización) y viceversa.

Resultados y Discusión

Se registró un total de nueve diferentes clase de tierra maya con usos agrícolas. Los suelos con mayor frecuencia son los K'an kab (25), seguido del Ak'al che' (8). La mayoría de los K'an kab, corresponden con los Luvisoles (LV) y los Ak'al chés con los Vertisoles (VR) (IUSS, 2006).

Las Figura 2 y 3, muestran los resultados de las FPT por localidad y para las dos principales clases de tierra maya. Los Ak' al che' tiene valores de RMOD superiores al 50%, los altos contenidos y tipo de arcillas, así como la CIC, son las principales propiedades que reflejan altas estimaciones de RMOD, no obstante, el promedio fue de 67% un valor inferior a los reportados por Aguilar y Bautista (2011), quienes obtuvieron 89% de RMOD. La Evol. de C, presentó un promedio de 608.7 mg/kg suelo, similar a lo reportado por Aguilar y Bautista (2011) con 623 mg/kg suelo, que se consideran cantidades ideales (Woods End Research, 1997). La MPAN, en general es baja, en algunos sitios tienen valores negativos; el promedio fue de 7.1 mg/kg suelo, valor superior al reportado por Aguilar y Bautista (2011) (-10 mg/kg suelo) en VR de Yucatán.

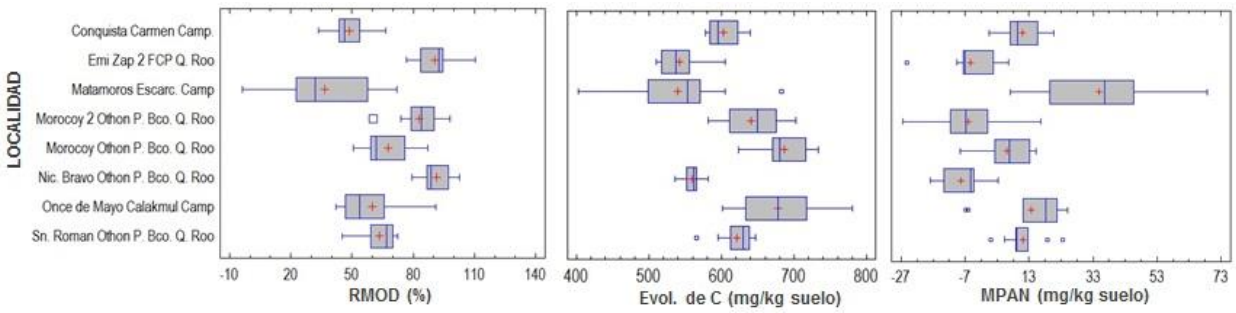


Figura 2. Variabilidad de los índices de calidad en Ak' al che's de la Península de Yucatán

Los K'an kab presentaron capacidades de RMOD inferior al 50%, con un promedio de 19%, contrastando con el promedio de 51% de RMOD en LV (Aguilar y Bautista, 2011). La Evol. de C, obtuvo un promedio de 512.2 mg/kg suelo, valor inferior a lo reportado por Aguilar y Bautista (2011) en LV de Yucatán (655 mg/kg suelo). Lo anterior evidencia un proceso de degradación biológica en cuanto a la respiración edáfica. Duch-Gary (1988) menciona que los Cambisoles (Chac-lu'um) y los LV (k'ankab), son los suelos que más resienten los efectos del uso agrícola.

La MPAN en los kankabales, presenta un promedio de 45 mg/kg suelo, superior al reportado por Aguilar y Bautista (2011) en LV (12 mg/kg suelo). Se observa que la descomposición de materia orgánica, fue mayor en los VR, que en los LV, pero la fertilización es menor en los primeros que en los segundos. Este patrón es similar a lo reportado por Lacasta *et al.*, (2006). La Figura 4, resume los resultados de las FPT en las diferentes clases de tierra maya menos frecuentes para el uso agrícola, observándose que la Evol. de C, es el índice de calidad que está favorecida en todos los suelos, seguido de la RMOD y finalmente la MPAN.

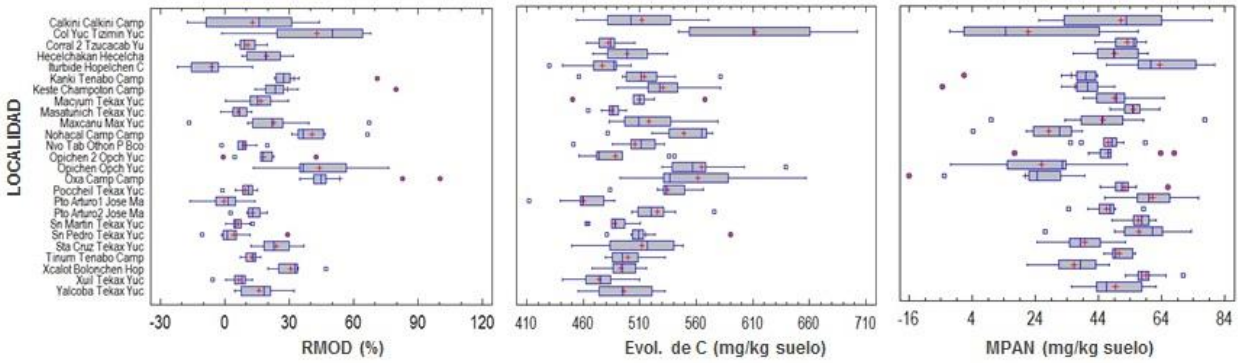


Figura 3. Variabilidad de los índices de calidad en K'an kabales de la Península de Yucatán.

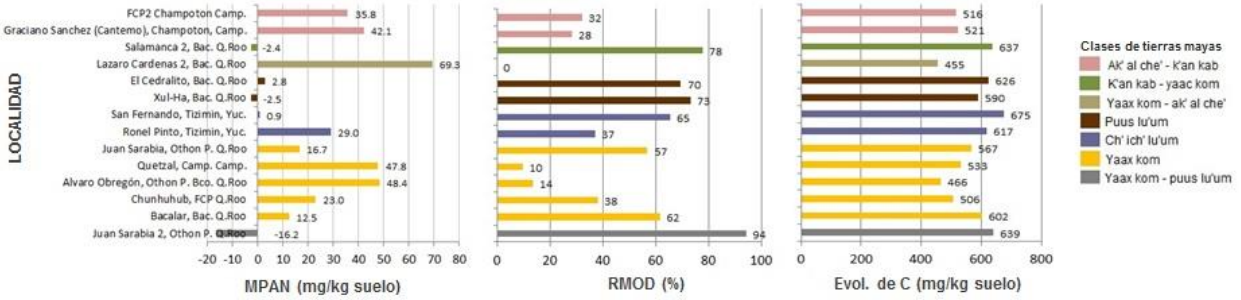


Figura 4. Índices de calidad en clases de tierra con menor frecuencia de uso agrícola

Integrando los tres procesos (Figura 5) se tiene que: i) para la RMOD, se identifican tres grupos, suelos que son buenos depuradores (>80%) como yaax kom-puus lu'um (94%) y k'an kab-yaax kom (83%); suelos con depuración intermedia (<80% pero >50%), como puu's lu'um (76%), ak' al che' (72%), y ch' ich' lu'um (55%); y suelos con baja depuración (< 50%) como en los yaax kom (38%), ak' al che'-k'an kab (32%), k'an kab (20) y yaax kom-ak' al che' (0.01%). ii) en todos los suelos, la Evol. de C presentó valores por arriba del 70%. iii) los suelos con mayor capacidad de fertilización son los suelos con menor capacidad de depuración, como en ak' al che'-k'an kab, k'an kab y yaax kom-ak' al che', todos por arriba del 50% en su capacidad de fertilización.

Conclusiones

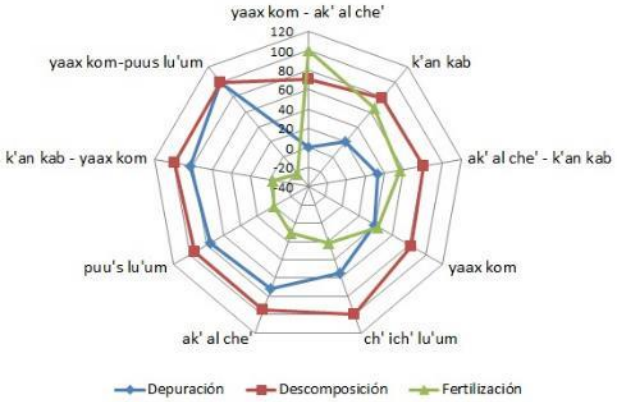


Figura 5. Evaluación integral de indicadores productivos y ambientales en suelos agrícolas

Las condiciones de manejo agrícola, es uno de los factores principales que influye en la disminución de los porcentajes en la RMOD en los suelos k'an kab y ak'al che's, al compararse con valores en condiciones prístinas. Los suelos k'an kab, son los más propensos a la degradación por manejo agrícola. De manera general, los suelos con menor capacidad de depuración, son los de mayor capacidad de fertilización. Específicamente, los k'an kab presentaron baja capacidad de depuración (<50%), con mediana capacidad de descomposición, pero están entre los suelos con mayor capacidad de fertilización. Por el contrario, los ak' al che's presentan mediana capacidad de depuración (50-80% RMOD), la capacidad de descomposición de C es adecuada, pero la capacidad de fertilización, es baja. De los tres indicadores de la calidad del suelo, la capacidad de descomposición de C, es el más favorable en la mayoría de los suelos.

Bibliografía

Aguilar-Duarte Y., Bautista F., Mendoza M., Ihl T. y O. Frausto. 2014. Propuesta de IVAKI: índice de la vulnerabilidad del acuífero kárstico yucateco a la contaminación. En: "10 soluciones para el manejo sustentable del agua, Península de Yucatán". Fundación ICA, México D. F. 220 pp.

Aguilar Y. y F. Bautista. 2011. Extrapolating the suitability of soils as natural reactors using an existing soil map: application of pedotransfer functions, spatial integration and validation procedures. Tropical and Subtropical Agroecosystems 13: 221-232.

Aguilar Y., Bautista F. y E. Díaz-Pereira. 2011. Soils as natural reactors for swine wastewater treatment. Tropical and Subtropical Agroecosystems 13: 199-210.

Álvarez-Solís J. D. y M. De J. Anzueto-Martínez. 2004. Actividad microbiana del suelo bajo diferentes sistemas de producción de maíz en los altos de Chiapas, México. Agrociencia 38: 13-22.

Bautista F. 2005. Información edafológica para el manejo de recursos naturales. p. 1- 8. En: F. Bautista y G. Pala cio (Eds.) Caracterización y Manejo de los Suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones Agropecuarias, Forestales y Ambientales. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán. 282 p.

Drinkwater L., Cambardella C., Reeder J. y C. Rice. 1996. Potentially mineralizable nitrogen as an inidicator of biologically active soil nitrogen. In: Methods for Assessing Soil Quality. John W. Doran and Alice J. Jones. SSSA Special Publication Number 49. Madison Wisconsin, USA.

Duch Gary J. 1988. La conformación territorial del estado de Yucatán. Universidad Autónoma Chapingo.

International Union of Soil Science (IUSS). 2006. WRBSR World Soil Reports, FAO (103). Italy.

Lacasta C., Benítez M., Maire N. y R. Meco. 2006. Efecto de la textura del suelo sobre diferentes parámetros bioquímicos. Actas del VII Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica Zaragoza, España.

Nemes, A., Rawls, W.J., and Y. A. Pachepsky. 2005. Influence of organic matter on the estimation of saturated hydraulic conductivity. Soil Sci. Soc. Am. J. 69: 1330-1337.

Okalebo, R., Gathua K.W.y P. L. Woomer. 1993. Laboratory methods of soil and plant analysis: A working manual. Tropical Soil Biology and Fertility Program TSBF, Kenya.

Pachepsky, Y. A., Rawls, W. J. and H. Lin. S. 2006. Hydropedology and pedotransfer functions. Geoderma 131: 308-316.

Parkin, T. B., Doran J. W., and E. Franco-Vizcaino. 1996. Field and laboratory tests of soil respiration. In: Doran J.W. and Jones A. J. (eds.) Methods for assessing soil quality. Soil Sci. Soc. Am. Spec. Pub. 49. SSSA, Madison, WI. 231-246.

Sobieraj, J.A., Elsenbeer, H. and R. A. Vertessy. 2001. Pedotransfer functions for estimating saturated hydraulic conductivity: implications for modeling storm flow generation. Journal of Hydrology 251: 202-220.

USDA, 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. EEUU. 88 pp.

Woods End Research. 1997. Guide to solvita testing and managing your soil. Woods End Research Laboratory, Inc., Mt. Vernon, ME.

Wösten, J.H.M., Pachepsky, Y. A. and W. J. Rawls. 2001. Pedotransfer functions: bridging the gap between available basic soil data and missing soil hydraulic characteristics. Journal of Hydrology 251: 123-150.

FACTORES CAUSALES DE LA EROSIÓN DE SUELOS EN LA RESERVA DEL PARQUE NATURAL SIERRA NANCHITITLA

Balderas-Plata, MA[1*]; Antonio-Némiga, X[2]; Espinosa-Rodríguez, L[3]; Duran-Vázquez, J[4]

[1, 2, 3, 4]**Facultad de Geografía, UAEM. Ciudad Universitaria, Toluca, México. México.**

*Autor responsable: mabalderasp@uaemex.com; Calle Cerro de Coatepec s/n, Col. Ciudad Universitaria, Toluca, México. México. CP 50110; Tel. +52(722)-215-0255

Resumen

El presente trabajo tuvo como propósito identificar los diversos procesos responsables de la erosión dentro de la Reserva Natural Sierra de Nanchititla. Esto se planteó como necesario al reconocer que aun al ser un ANP no está exenta a desarrollar procesos erosivos, principalmente cuando actividades antrópicas están presentes dentro del área. Para la zona de estudio se localizaron e identificaron los factores causales de la erosión hídrica, así mismo se propuso establecer medidas de mitigación y restauración de las áreas afectadas.

Palabras clave
Erosión hídrica1; Factores antrópicos; EML.

Introducción

La degradación de suelos consiste en el deterioro de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, que como consecuencia modifican su calidad y aptitud productiva. Este deterioro ocasiona que el suelo no sea útil para la producción, constituyéndose en una de las principales modificaciones al paisaje.

Los procesos de degradación del suelo son muy variados, pueden ser resultado de procesos naturales y antropogénicos que actúan como catalizadores. Los más importantes son: la erosión por el viento o por el agua, el deterioro químico y el deterioro físico. La erosión hídrica transforma muy lentamente, pero en forma continua la corteza terrestre. La rapidez con la que se presenta este fenómeno depende de las características geológicas, edafológicas, hidrológicas y climáticas de cada región. El hombre contribuye a acelerar el proceso cambiando las condiciones naturales del territorio, ignorando la función de los recursos naturales dentro de los ecosistemas. Debido a que resulta difícil y costoso recuperar el suelo una vez que sus propiedades y cualidades originales han sido alteradas; se le debe considerar un recurso natural no renovable.

La degradación del suelo continúa siendo un asunto prioritario que requiere atención renovada por parte de los individuos, las comunidades y los gobiernos (FAO, 2008). Por tanto, la conservación o rehabilitación de tierras constituyen una parte esencial del desarrollo agrícola sostenible (Oldeman y Hakkeling, 1990).

Este problema ha despertado interés de varias organizaciones a escala global quienes proponen programas para evaluar la degradación del suelo provocada por el hombre,

llevándola a escalas y niveles más detallados, particularmente en un ámbito nacional o en regiones Mexicanas. El estudio del comportamiento de la erosión hídrica puede permitir implementar las técnicas más apropiadas para la corrección del proceso.

El Parque Natural Sierra Nanchititla (PNSN) es un área en el Municipio de Luvianos en el Edo.de México. Dentro de sus límites se encuentra un área cercada con malla ciclónica denominada la "Reserva" la cual se encuentra administrada por el Gobierno del estado de México. A pesar de que por decreto está protegida, presenta una fuerte problemática ambiental y social. La presencia de las comunidades Palos prietos y Parota del Salto genera un efecto de impacto significativo en el ecosistema por su grado de pobreza de la zona, originando que sus habitantes dependen casi por completo de la explotación de los recursos naturales. En la zona de la Reserva se ha identificado evidencia de la pérdida de la capa superficial y la deformación del terreno en áreas vulnerables que han sido desprovistas de vegetación acelerando la erosión hídrica. Ello genera diversos problemas de degradación en la reserva, tales como la erosión del suelo, la deforestación y los incendios, entre otros. Por esta razón se trata de mejorar las condiciones de los suelos dentro de la Reserva, pues estos se encuentran en degradación por erosión hídrica. Esta situación evidencia la necesidad de llevar a cabo la identificación de áreas degradadas por erosión y sus factores causales. En este trabajo se utilizaron algunos métodos cartográficos para representar las zonas con mayor susceptibilidad a la erosión a nivel de campo como los propuestos por Stocking y Murnaghan (2000).

La implementación de una propuesta de recuperación y conservación de suelos, considera a la erosión, como un proceso tan complejo que varía tanto en el tiempo como en el espacio, existen diferencias en cuanto al grado y tipo de erosión en la zona.

El diagnóstico oportuno de los procesos de degradación de los suelos de la reserva, permitirá generar una propuesta y acciones encaminadas a prevenirlos o revertir sus efectos, así mismo que contribuyan a establecer un manejo integral del PNSN. Es por ello que el objetivo que se estableció en esta investigación fue el analizar las características regionales y las causas de erosión, para generar una propuesta de restauración de suelos afectados por la erosión hídrica, en la Reserva del Parque Natural Sierra Nanchititla.

Materiales y Métodos

El parque se localiza a una altitud que va de los 420 m hasta los 2,100 m. Sus coordenadas extremas son 19º 04´ 46" y 18º 45´ 38" de latitud Norte, 100º 15´ 54" y 100º 36´ 28" de longitud Oeste, ocupando una superficie de 67,410 ha. El área de estudio denominado "La reserva" se encuentra dentro del PNSN, el Parque pertenece a la provincia de la Sierra Madre del Sur, Subprovincia del Balsas, esta abarca en el estado de México un área de 4,992.323 km, lo que representa el 21.48% de la superficie total de la entidad. Los suelos son de origen coluvión – aluvial y residual, su fertilidad es de moderada a alta, por lo que pueden ser utilizados en actividades agrícolas, pecuarias y forestales, aunque algunas zonas presentan acidez (SEMARNAT, 2006). En el Parque se encuentran Regosol, Fluvisol, Vertisol, Feozem, Litosol, Cambisol, Luvisol y Acrisol (GEM-UAEM- Scouts. 1999).

La zona cercada de la Sierra Nanchititla (propiedad del Gobierno del Estado) se localiza dentro de la subcuenca del río el Salto, cubre una superficie de 31.10 km². Con una red fluvial de tipo dendrítico y considerado de cuarto orden con una dirección noreste-sureste, y una longitud de 13 km. El río da lugar a la cascada y desemboca en el río Bejucos. Entre sus

escurrimientos principales están los ríos los Limos, Palos Prietos, el Cuervo y las Cañadas. El Clima cálido es el dominante en región, dando lugar a bosque de encino, Pino-encino y pastizal inducido.

La determinación de la erosión hídrica se desarrolló empleando la metodología de ASSOD-GLASSOD, propuesta por Oldeman (1990) y su grado de erosión se estableció con base a los criterios establecidos por Stocking y Murnaghan contenidos en el manual de Casanova (2008) con los que a su vez se determinaron los diversos factores presentes en las cárcavas, así como la clase de erosión, el tipo de cubierta vegetal, lavado superficial y arrastre de sedimentos, previo a este procedimiento se determinaron las unidades ambientales con base a la propuesta de la SEMARNAT (2006) que contempla aspectos tales como: geología, edafología, climáticas, uso de suelo, geoformas y vegetación. Al tener definidas las Unidades Ambientales se les determino el Índice de Erosión Laminar a través de la metodología propuesta por SEDESOL (1989).

La metodología ASSOD ha sido adoptada por la SEMARNAT y CP (2001-2002) para la realización de la Evaluación de la Degradación del Suelo causada por el hombre en México y toma como referencia lo siguiente: Tipos de degradación y otras unidades que se pueden localizar: **Hs:** *Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial;* **Hc:** *Erosión hídrica con deformación del terreno;* **Ha:** *Efectos de la erosión hídrica fuera del sitio;* **Es:** *Pérdida del suelo superficial por acción del viento;* **Qd:** *Declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica;* **Qs:** *Salinización/Alcalinización;* **Qa:** *Acidificación;* **Fe:** *Encostramiento y sellamiento;* **Fd:** *Disminución de la disponibilidad de agua;* **SN:** *Estable bajo condiciones naturales;* **SH:** *Estable bajo la influencia humana.*
Se adoptaran los mismos grupos propuestos en la Metodología ASSOD los cuales se indican con una letra minúscula: ***a:*** *para actividades agrícolas,* ***f****: deforestación y remoción de la vegetación,* ***e****: sobreexplotación de la vegetación para uso doméstico,* ***g****: sobrepastoreo,* ***i****: actividades industriales y u: para urbanización.*
Tenido en cuenta estos factores causativos se consideraran cuatro niveles de degradación del suelo por efecto del agua y el viento:
(1) Ligero: los terrenos aptos para sistemas forestales, pecuarios y agrícolas locales presentan alguna reducción apenas perceptible en su productividad.
(2) Moderado: los terrenos aptos para sistemas forestales, pecuarios y agrícolas locales presentan una marcada reducción en su productividad.
(3) Fuerte**:** los terrenos a nivel de predio o de granja, tienen una degradación tan severa, que se pueden considerar con productividad irrecuperable a menos que se realicen grandes trabajos de ingeniería para su restauración.
(4) Extremo: su productividad es irrecuperable y su restauración materialmente imposible.

Resultados y Discusión

De la elaboración del mapa base de UA se definieron 29 unidades, donde se determinó con base al Índice de erosión laminar que la erosión dominante era Ligera (1527.39 has, 79.36%) y en menor proporción Moderada (397.24 has, 20.64%) (Cuadro 1, Figura 1).

Cuadro 1. Superficie por grados de erosión.

Grado de Erosión	Superficie has.	%
Ligera	1527.39	79.36
Moderada	397.24	20.64
Total	1924.63	100.00

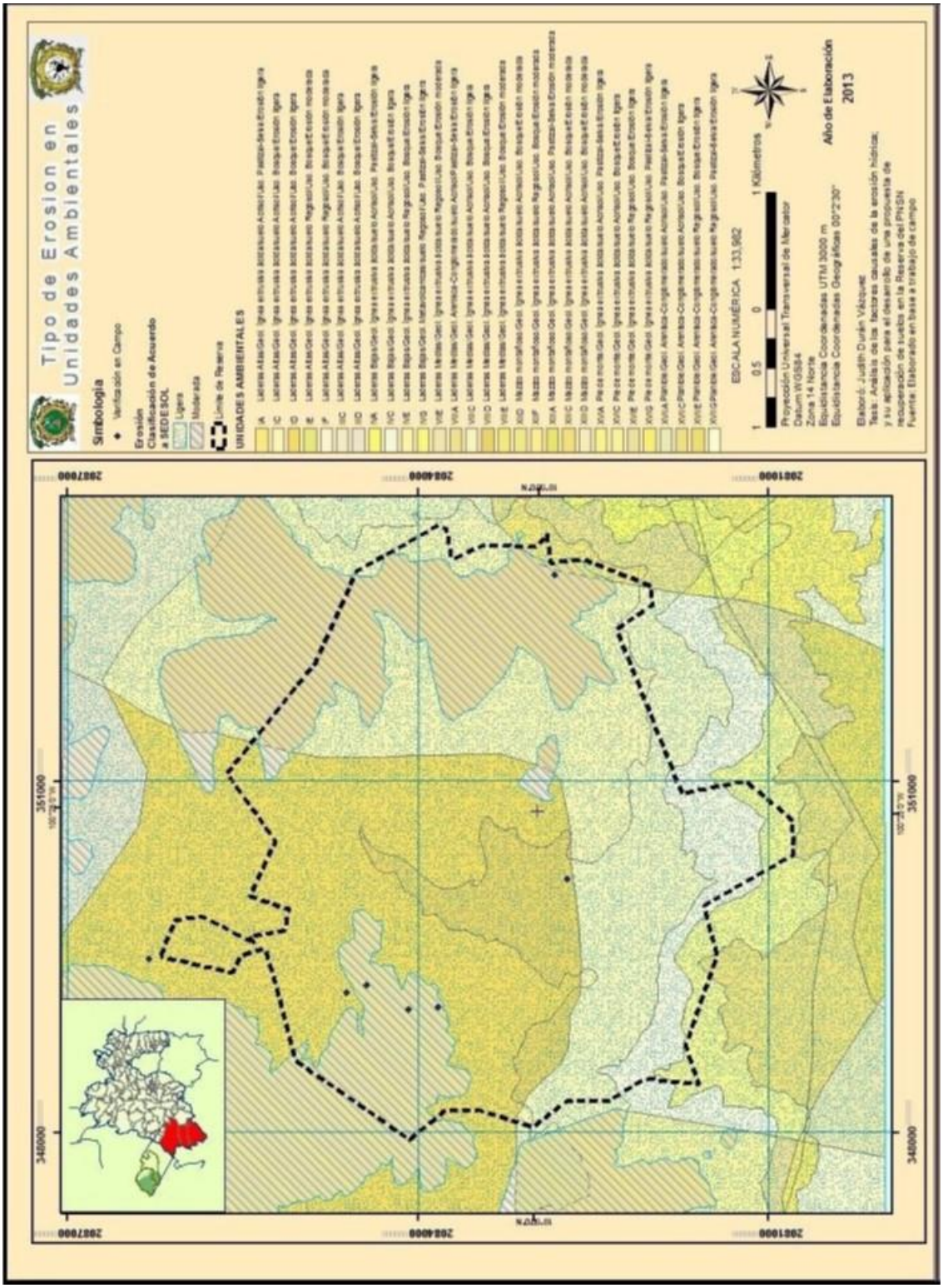


Figura 1. Mapa de Erosión en la Reserva por Unidad Ambiental

Los primeros resultados indican que las áreas identificadas como la zona de los barreales y de acceso al parque presentan diversos tipos de degradación y erosión hídrica, como por ejemplo la formación de cárcavas, remoción en masa de los materiales superficiales del suelo.

Los principales factores causales de la degradación del suelo en esta región son: el sobrepastoreo, las actividades desarrolladas, fuertes precipitaciones, actividades agrícolas, actividades turísticas y cambio de uso de suelo. Por lo que las principales estrategias sugeridas para atenderle se determinan en la diversidad de técnicas más adecuadas para mejorar el suelo y preservar sus nutrientes sin dañar a los otros ecosistemas, las mejor valorada fue Recuperación y disminución de la erosión ya que a partir de esta se inicia el trabajo en campo para la recuperación de espacios degradados en la reserva y rehabilitar las áreas identificadas dentro de la reserva. La cárcava con mayor erosión nos muestra una gran remoción de material del suelo por la acción hídrica la cual va aumentando de manera regular, con un daño del 80% en la unidad con presencia de deforestación y perdida de la capa superficial.

A través del Enfoque del Marco Lógico (EML), es estableció la propuesta del Programa de recuperación de los suelos degradados, siendo el objetivo principal la Recuperación y control de la erosión, seguida de objetivos secundarios como son: control y combate de incendios, establecimiento de estrategias de educación ambiental, normatividad adecuada, aumento de la cubierta vegetal, monitoreo de áreas susceptibles a la erosión, mayor coordinación con instituciones y comunidades aledañas, aplicación de diversas técnicas de recuperación de suelos y aumento del personal en el PNSN

Conclusiones

La clase de degradación por erosión hídrica ligera es la dominante, presente en un 80% en las áreas afectadas y la clase moderada con un 20%. Siendo actividades humanas aceleradoras de este proceso natural como son: el sobrepastoreo, las actividades desarrolladas, fuertes precipitaciones y cambio de uso de suelo. Las zonas con presencia de cárcavas con alto grado de perdida de materiales originada por la erosión hídrica, se ve favorecida por presentar deforestación y perdida de la capa superficial del suelo. En las unidades Ambientales donde se detectó la presencia de este tipo de degradación llegan a ocupar hasta el 80% de la superficie.

Es la propuesta de restauración de suelos una herramienta que contribuirá y generara beneficios a las comunidades, aportando de manera directa al recurso suelo una medida de mitigación que aportara a su productividad, pero sobretodo su conservación, haciéndolo un recurso sustentable.

Bibliografía

Casanova, (2008). Conservación de Suelos y Aguas. Universidad de Chile. Departamento de Ingeniería y Suelos. Chile. 6 p.

CEPANAF-UAEM. (2009). Programa de Conservación y Manejo del Parque Natural de Recreación Popular Sierra Nanchititla. Comisión Estatal de Áreas Naturales Protegidas y de la Fauna, México.

FAO. (2008). La desertificación y el cambio climático: Un reto mundial. Día Mundial de lucha contra la desertificación y la sequía. http://www.un.org/spanish/events/desertification/2008/index.shtml. 2009

GEM-UAEM- Scouts (1999). Programa de Manejo del Parque Natural de Recreación Popular Sierra de Nanchititla. Secretaría de Ecología. Universidad Autónoma del Estado de México y Scouts de México.

GLASOD (1988). Guide for General Assessment of the status human Indiced Soil Degradation. Glasod.

Oldeman, L.R., Hakkeling,R.T.A. y Sombroek, W.G. (1990). World map of the status of human-induc soil degradation. 34 págs. ISRIC, Wageningen, Países Bajos y PNUMA, Nairobi, Kenya.34 pag.

Porta J. et al., (1994). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, P.P. 733-768.

SEDESOL. 1989. Manual de Ordenamiento Ecológico Territorial. Secretaría de Ecología-SEDESOL. México, D.F. 355 p.

SEMARNAT. (2000). NOM-21-SSEMARNAT-2001, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. D. F.

SEMARNAT. (2006). Manual del Proceso de Ordenamiento Ecológico. INE-SEMARNAT. México, D.F. 360 p.

SEMARNAT-CP. (2001-2002). Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana. Escala 1:250 000. Memoria Nacional. SEMARNAT-CP. México. 68p

ANÁLISIS PRELIMINARES A UN MODELADO DE EROSIÓN HÍDRICA EN CÁRCAVA: DETERMINACIÓN DEL FACTOR K CON ALGORITMO KUERY1.4

Casabella-González, MJ[1*]; Borselli, L[1], García-Meza, JV[2]

[1]Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería, Instituto de Geología. SLP, México.
[2]Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería e Instituto de Metalurgia. SLP, México.

*Autor responsable: manuelcasabella13@gmail.com; Calle, Av. Dr. Manuel Nava 5, C.P. 78240, Instituto de Geología, Facultad De Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) San Luis Potosí, SLP, México; Tel. +52(444)-827-6400

Resumen

La erosión del suelo se ha posicionado hoy día como uno de los principales problemas ambientales y de seguridad alimentaria en todo el planeta. Dentro de los procesos erosivos la erosión hídrica es una de las más agresivas y presentes en México suponiendo más del 50% del total de erosión registrada en el país. En este texto se presenta la metodología por la que pudieron establecerse los análisis preliminares necesarios, con el fin de determinar la erodibilidad del suelo por medio del factor K, según los criterios espacial y vertical, así como los resultados obtenidos a través del algoritmo KUERY1.4, por primera vez usado en México, y las conclusiones alcanzadas. Este algoritmo supone un avance ya que introduce un componente climático en todos sus cálculos, que no existe en los modelos anteriores. Se seleccionó un criterio de verticalidad ya que se apreció una diferente capacidad de infiltración en campo, lo que implica diferencias significativas en cuanto a otras propiedades físico-químicas del suelo, y a su vez presupone una diferencia en los valores de erodibilidad en relación a la profundidad. La elección acertada de los análisis permite alcanzar unos resultados confiables y precisos que demuestran una variabilidad del factor K significativa en relación a la profundidad, que debe ser incluida en el modelo.

Palabras clave
Análisis químico; análisis físico; erodibilidad, factor K; erosión hídrica

Introducción

En esta nuestra sociedad actual, cada vez se hace más notoria la existencia de un movimiento creciente de concienciación de la necesidad de proteger el recurso suelo y darle la importancia merecida como recurso base, y no solo por ser el principio donde se asienta la base de la alimentación humana y de las especies ganaderas y cinegéticas, sino también como elemento regulador del ecosistema y toda su biodiversidad, allá donde el suelo se deteriora, el ecosistema acaba empobreciéndose inherentemente.

De este modo es, que la erosión del suelo se ha posicionado hoy día como uno de los principales problemas ambientales y de seguridad alimentaria en todo el planeta. Dentro de los procesos erosivos la erosión hídrica es una de las más agresivas y presentes en México, según datos del INEGI a fecha 14 de Julio de 2014 el área afectada sería de 1,027,611.5 Km^2 (INEGI, 2014) de los cuales el mayor exponente se da en erosión del tipo laminar 923,667.75 km^2,

seguida de la erosión en surcos 65,252.61 km^2 y en cárcavas con 38,691.14 km^2, representando cada una de ellas un porcentaje igual al 47.51%, 3.36% y 1.99% respectivamente, suponiendo así más del 50% del total de erosión registrada en el país.

También cabe destacar que la erosión en cárcava se considera un grado de erosión que va de extremo a severo (o fuerte) y puesto que la erosión en surco puede considerarse como el principio de la erosión en cárcava, ya que la diferencia arbitraria entre uno y otro tipo se da al traspasar el límite de área en la sección vertical de corte igual a 0.0929 m^2 (Hauge, 1977; Poesen et al., 2003; Borselli, 2012) se aclara la cifra de 65595.16 km^2 de erosión extrema y fuerte que data INEGI hasta 2014.

Focalizándonos pues en el desarrollo de un modelo de erosión digital con base empírica, se deben consensuar los factores directamente dependientes del proceso en sí, por lo que dichos factores deben llevar implícitas las consideraciones climáticas y temporales, las propiedades intrínsecas del suelo, físicas y químicas, los factores topográficos, las premisas de conservación de la masa y la energía, las consideraciones socio culturales del área y los factores ambientales y del ecosistema donde se lleva a cabo el proyecto. Así todos estos factores se pueden conjuntar en dos, uno que considera el factor energía o de desgaste y otro que incluye el factor de resistencia o atenuante, considerado como factor de protección (Loredo-Osti et al, 2007).

Centrándonos en las propiedades intrínsecas de los suelos, aquellos factores susceptibles de ser determinados mediante análisis de laboratorio, suelen ser englobados por muchos de los modelos ya existentes en lo que se ha conocido como el factor K, o lo que es lo mismo la erodibilidad o erosionabilidad del suelo, que se define como la susceptibilidad de un suelo a ser erosionado por los agentes erosivos.

Por tanto en este texto se presenta la metodología por la que pudieron determinarse los análisis necesarios con el fin de determinar el factor K, así como los resultados obtenidos a través del algoritmo KUERY1.4, de Borselli, 2012, por primera vez usado en México, y las conclusiones alcanzadas. Este algoritmo supone un avance ya que introduce un componente climático en todos sus cálculos, que no existe en los modelos anteriores, considerando también el porcentaje de rocosidad y de materia orgánica presente en el suelo.

Materiales y Métodos

Figura 1. Ubicación áreas de estudio (en amarillo)

1. Elección del área de estudio

Se seleccionaron tres áreas cercanas a la ciudad de San Luis Potosí con un avanzado estado de degradación de suelo debido a una fuerte erosión, donde claramente predominaba la erosión hídrica en cárcava. Así se pretendió conseguir la heterogeneidad de

substratos y resultados para hacer el modelado lo más abierto posible.

Las tres áreas seleccionadas se hallan hacia el suroeste de la ciudad de San Luis en diferentes ubicaciones de la Sierra de San Miguelito, todas siguiendo la carretera de N-80 dirección Guadalajara, la primera por fecha de muestreo, la más cercana a la ciudad se halla sobre la población de Mesa de Conejos (MC), sus coordenadas son 22° 5'57.24" latitud norte y 101° 3'24.28" longitud oeste y tiene su punto más alto a 2225 msnm; la segunda se encuentra en la zona de El Tepetate cercana a la población de San José de La Purísima (TP), coordenadas 22°5'22.22" latitud norte y 101°10'24.72" longitud oeste con 2430 msnm; por último, y ya que según los mapas edafológicos del INEGI describen un cambio en el tipo de suelo cerca de la segunda área de estudio, se optó por muestrear el área cercana a la población San Antonio y fue nombrada TSA, sus coordenadas 22°4'10.32" Latitud norte y 101°9'2.62" longitud oeste y 2350 msnm en su punto más alto.

2. Trabajo de Campo

Se realizó el trabajo de campo recolectando las muestras necesarias en diferentes puntos de las diferentes áreas de estudio, con el fin de determinar la variabilidad del factor K según los criterios espacial y vertical. El total de muestras fue de 13; de la primera área de estudio (MC) 4, de la segunda (TP) 4 y de la tercera (TSA) 5.

El criterio de la variabilidad espacial pretendió seguir los lineamientos seguidos para la elección de las áreas de estudio buscando de alguna forma la heterogeneidad de substratos, dentro de cada área, eligiendo los puntos de muestreo al azar, siguiendo el curso de las cárcavas presentes en las áreas de estudio.

El criterio para la verticalidad se justifica en la presunción de una diferente capacidad de infiltración observada en campo entre la costra, la subcostra, el área correspondiente al perfil medio del suelo y un horizonte diferenciado, digamos *"arcilloso"*, formado antes del tepetate o *"hardpan"* que hace de base para estos suelos, por lo que se presuponen diferencias significativas en cuanto a otras propiedades como el pH, la conductividad eléctrica, la presencia de cationes intercambiables, la capacidad de intercambio catiónico, etc., lo que implica o presupone una diferencia en los valores de erosividad, es decir en el factor K.

Este fue el criterio para recoger las muestras en campo; como costra entenderemos los dos primeros centímetros superficiales (0-2 cm), como subcostra el rango comprendido entre 2-10 cm, como perfil medio del suelo será desde la subcostra hasta el horizonte arcilloso cuyo límite suele hallarse entre los 25 -35 cm, por tanto (10-25/35 cm); el horizonte arcilloso es un área de cambio bien definida que alcanza unas profundidades entre el rango de 25/35-50/80 cm..

***3.** Trabajo de Laboratorio*

El rango de análisis de laboratorio que se debían realizar para poder determinar el factor K, se concretó tanto teórica como empíricamente. Las propiedades del suelo que influencian en la erodibilidad por el agua, son aquellas que afectan a la velocidad de infiltración del agua en el suelo y las fuerzas que producen resistencia del suelo a la dispersión, salpicamiento y fuerzas de transporte por el caudal. Ya en 1971 Wischmeier y Smith establecieron un nomograma de la relación entre el factor K y textura, materia orgánica, estructura y permeabilidad del suelo, de donde obtenemos la reseña para los análisis a realizar junto con los observados en campo.

Todos los análisis de laboratorio se realizaron entre el Laboratorio de Química y Microbiología del Instituto de Metalurgia y el Laboratorio de Geomecánica Aplicada del Instituto de Geología de la UASLP, los análisis propuestos fueron:

1. Análisis de propiedades físicas del suelo: 1.1 Resistencia al corte superficial (*Shear strenght*); 1.2 Determinación de las propiedades dispersivas (*Crumb test*, en H_20 y NaOH 1N); 1.3 Granulometría de la fracción gruesa (Método del Tamizado); 1.4 Granulometría de la fracción fina (Método del Hidrómetro); 1.5 Porosidad; 1.6 Capacidad de infiltración (equipo Drip Infiltrometer); 1.7 Permeabilidad

2. Análisis del propiedades químicas del suelo: 2.1 Determinación de los componentes minerales mayoritarios por Difractometría de Rayos X; 2.2 Capacidad de Intercambio Catiónico (Método AS-13 NOM-021, con tiourea de plata, determinación de la concentración de Ag por Absorción Atómica); 2.3 Determinación de la concentración de cationes intercambiables por Espectroscopía de Plasma Inducido (equipo Thermo Scientific iCAP 7000 Series ICP-OES); 2.4 Determinación del contenido de materia orgánica (Método Pérdida por Calcinación); 2.5 Conductividad eléctrica (Método Extracto Diluido 1:5); 2.6 Determinación de pH medido en agua (Richards 1974); 2.7 Determinación del tipo de arcillas por Difractometría de Rayos X, sobre alícuota del ensayo del hidrómetro tras 24h. de sedimentación; 2.8 Densidad real; 2.9 Densidad aparente

3. Cálculo de índices relevantes: 3.1 Porcentaje de Sodio intercambiable (ESP); 3.2 Índice de conducción neta por capilaridad (Net Capilary Drive, G); 3.3 Índice de conductividad eléctrica a saturación (K_s); 3.4 Índice de estabilidad electroquímica; 3.5 Índice de Rugosidad superficial; 3.6 Índice de erosividad EI_{30}; 3.7Porcentaje de pedregosidad (esqueleto)

Resultados y Discusión

Los modelos son necesariamente simplificaciones de la realidad. Las decisiones deben hacerse en un nivel adecuado de complejidad o simplicidad en función del objetivo (Morgan, 2005). El investigador es el que debe determinar cuáles son los análisis necesarios para poder expresar el conocimiento en forma de resultados, en base a la complejidad objetivo y no sólo basándose en el *background* teórico existente, sino también a través del conocimiento local, empírico, de aquellos parámetros que puede observar, necesarios para plasmar esa realidad que intenta *"modelizar"*. En este caso de estudio la selección de los análisis tuvo ambas premisas, visualizando los tipos de modelos existentes e incluyendo las consideraciones de lo observado en campo. Fue así que se llego a determinar que debido al tipo de suelo, la variabilidad de su perfil y la estructura observada *in situ*, el clima preponderante y el contexto social en el área de estudio, las propiedades intrínsecas a analizar de los suelos investigados, para poder tener una mejor aproximación al factor K, deberían contar con los parámetros e índices que se detallan en el trabajo de laboratorio.

Una vez seleccionados los análisis y obtenidos los resultados se procedió al cálculo del factor K según Borselli et al., 2012, constatándose la hipótesis de la variabilidad de este factor, debido a las diferentes propiedades verticales y espaciales de los suelos analizados, según muestra la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados del cálculo del factor K a través del algoritmo KUERY1.4, junto con el de algunos análisis.

Área	Muestra	E.S.P.	M.O.	%Arcillas	%Limos	%Arenas	Cl Textura	Pedregosidad	K
Área 1 (MC)	MC-01-A1	11.437	1.32	10	39	51	Fr.	6.206	0.03324
	MC-01-A2	8.664	0.81	9	40	51	Fr	6.082	0.03074
	MC-01-A3	3.096	0.72	16	38	46	Fr	6.139	0.02718
	MC-01-A4	14.777	1.98	42.5	23	34.5	Arc	0.32	0.02347
Área 2 (TP)	TP-01-A1	5.6451	1.15	11	31.5	57.5	Fr-Are	8.141	0.02514
	TP-01-A2	1.9606	0.8	13	28	59	Fr-Are	9.327	0.02626
	TP-01-C3	1.96	0.85	15	29.5	55.5	Fr-Are	23.276	0.00719
	TP-01-D4	12.077	2.28	41.5	28.5	30	Arc	0.479	0.02337
Área 3 (TSA)	TSA-01-A1	8.797	2.21	22.5	46	31.5	Fr	2.486	0.2662
	TSA-01-A3	1.609	2.29	23	35	42	Fr	3.092	0.02372
	TSA-01-B1	6.466	2.59	19.5	36.5	44	Fr	6.459	0.02572
	TSA-01-B3	1.343	2.04	20	42	38	Fr	2.694	0.02034
	TSA-01-B4	2.831	3.66	52.5	17	30.5	Arc	1.191	0.01956

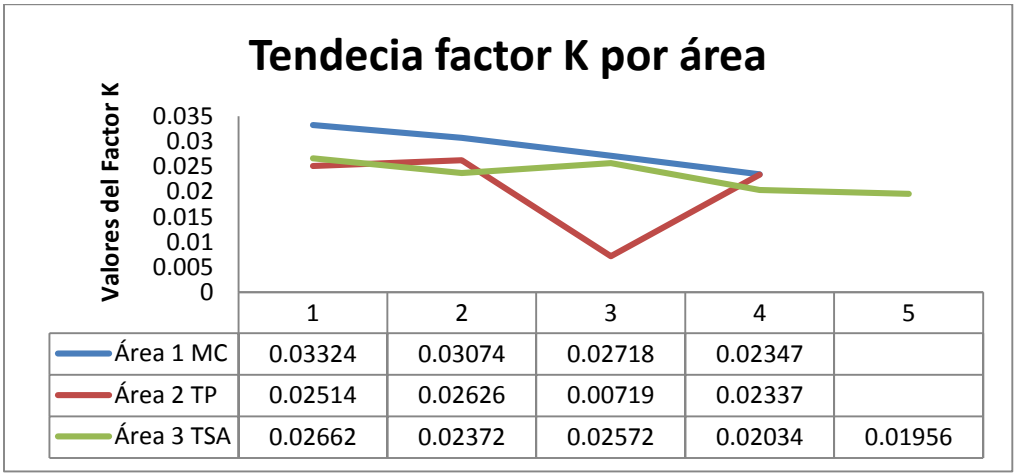


Tabla 2.Tendencia Factor K por área. Se aprecia una tendencia a disminuir según aumenta la profundidad

Conclusiones

El investigador es el que debe determinar cuáles son los análisis necesarios en base al *background* teórico existente y al conocimiento local empírico.

La importancia de la elección de los análisis preliminares necesarios a la modelización reside en el grado de exactitud que se desee alcanzar y está condicionado por el grado de complejidad objetivo del modelo.

La variabilidad vertical y espacial de los parámetros intrínsecos analizables de los tipos de suelos es determinante y presupone una diferencia en los valores de erosividad (factor K).

Los resultados demuestran una variabilidad del factor K significativa en relación a la profundidad, con tendencia a disminuir según aumenta ésta.

El algoritmo KUERY1.4, por primera vez usado sobre suelos mexicanos, es una herramienta adecuada, sencilla de uso y que provee de una muy buena aproximación al factor K al considerar factores obviados en otros modelos como el clima y el porcentaje rocoso.

Bibliografía

- Borselli l. , Torri D. , Poesen J., Iaquinta P. 2012. A robust algorithm for estimating soil erodibility in different climates. CATENA 97:85-94 DOI: 10.1016/j.catena.2012.05.012
- Borselli L., Cassi P.,Salvador Sanchis P. 2009. Soil Erodibility Assessment for Applications at Watershed Scale. In "Manual of Methods for Soil and Land Evaluation", Edoardo A.C. Costantini ed., Science Publisher Inc., 600 pages. ISBN 978-1-57808-571-2/November 2009.
- Google Earth, 2015. Imagen del área de la Sierra de San Miguelito fecha 24/02/2015, obtenida 30/05/2015. Coordenada extrema inferior izquierda 22° 03' 42.05" latitud norte y 101° 10' 35.87" longitud oeste. Coordenada extrema superior derecha 22° 09' 38.69" latitud norte y 101° 00' 35.28" longitud oeste. Image©2015Digital Globe.
- INEGI. 2014. Erosión de suelos en México. Boletín de prensa núm. 295/14. Aguascalientes, AGS. 8pp.
- Morgan, R. P. C. 2005. Soil erosion and conservation. 3rd ed. Blackwell Publishing Ltd. ISBN 1-4051-1781-8. 316pp.
- Loredo-Osti C., S. Beltrán L., F. Moreno S. y M. Casiano D. 2007. Predicción de riesgo a la erosión hídrica a nivel microcuenca. Folleto Técnico No. 29. INIFAP-CIRNE-Campo Experimental San Luis. San Luis Potosí, S.L.P., México. 66p.
- Wischmeier, W.H., Johnson, C.B., Cross, B.V., 1971. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. Journal of Soil and Water Conservation 26 (5),189–194.

EVALUACIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN UNA MICROCUENCA SEMIÁRIDA DE TEPEXÍ DE RODRÍGUEZ, PUEBLA, MÉXICO

Castelán-Vega, R[1*]; Tamaríz-Flores, JV[1]; Cruz-Montalvo, A; Varguez-Urbano, M[2]

[1]Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas. Posgrado en Ciencias Ambientales. Puebla, Puebla. México.
[2]Benemértia Universidad Autónoma de Puebla. Escuela de biología. Puebla, Puebla. México.

*Autor responsable: rosalia.castelan@correo.buap.mx; Calle 14 Sur Núm. 6301, Col. San Manuel, Puebla, Puebla. México. CP 72470; Tel. +52(222)-229-5500 Ext. 7353

Resumen

Entre los problemas ambientales más graves que afectan el futuro de la humanidad se encuentra la desertificación, México es uno de los tantos países que en su superficie se desarrollan los siete procesos de degradación de suelos que con llevan a este fenómeno, y el municipio de Tepexi de Rodríguez, Puebla, México, no escapa a esta problemática ambiental; motivo por el cual el presente trabajo se planteó como objetivo principal evaluar el grado de erosión hídrica de los suelos de una microcuenca del municipio de Tepeji de Rodríguez, Puebla, como uno de los procesos primarios de la desertificación, así como identificar los factores ambientales que la provocan. Los resultados muestran que en la zonas con erosión leve se pierden apenas 9 ton/ha/año, las que cuentan con erosión moderada alcanzan las 16 ton/ha/año erosionadas y, finalmente, las zonas con erosión fuerte llegan a perder al año hasta 32 ton/ha, de tal manera que bajo las actuales condiciones de manejo de la microcuenca los resultados muestran que el 91 % de su superficie presenta evidencia de erosión en tres grados. El 9 % corresponde a erosión leve, el 35 % a moderada y el 56 % a erosión fuerte; por lo que impera el desarrollo de una estrategia de que lleve a la recuperación paulatina de los suelos, y evitar que se expanda y se agrave el proceso de desertificación en este municipio de Puebla.

Palabras clave
Desertificación; degradación; erosión

Introducción

La desertificación es un tipo de degradación que actualmente amenaza la producción alimentaria sostenible a nivel mundial (UNCCD y Zoï, 2011). En México la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2012) reporta que en el país la desertificación afecta aproximadamente a 43.56 millones de hectáreas, es decir, 43% de las tierras secas, lo que equivale a 22.17% del territorio nacional. Existen, principalmente, siete procesos responsables de la desertificación: i) degradación de la cubierta vegetal, ii) erosión hídrica, iii) erosión eólica, iv) salinización, v) reducción de la materia orgánica del suelo, vi) encostramiento y compactación del suelo y vii) acumulación de sustancias tóxicas para los seres vivos. De éstos, los cuatro primeros se consideran procesos primarios de desertificación, debido a que sus efectos son amplios y tienen un impacto muy significativo sobre la producción de la tierra, y los tres últimos se consideran secundarios (López, 1996; Becerra, 1999). El estado de Puebla, México; presenta evidencia de desarrollo de varios de estos procesos en sus zonas áridas y

semiáridas, sin embargo, no se han realizado estudios serios para estimar el grado de afectación en que se encuentran sus suelos, con la finalidad de crear programas que ayuden a frenar el avance de la degradación con un enfoque de manejo de cuencas (Gonzáles, 1993), por lo que el objetivo principal del presente trabajo fue evaluar el grado de erosión hídrica de los suelos de una microcuenca del municipio de Tepexi de Rodríguez, Puebla, así como identificar los factores ambientales que la provocan.

Materiales y Métodos

El municipio de Tepexi de Rodríguez se localiza en la parte sur del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son: los paralelos 18º20´24" y 18º 37´42" de latitud norte y los meridianos 97º 46´00" y 98º 03´18" de longitud occidental, con clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano y templado suhúmedo con lluvias en verano, precipitación promedio anual de 600 mm y temperatura promedio al año de 22°C, los suelos predominantes son regosol, litosol y una pequeña porción de vertisol, la vegetación predominante es selva baja caducifolia con vegetación secundaria, matorral crasicaule, chaparral y agricultura de temporal con pastizal inducido.

Para determinar el grado de erosión de los suelos se realizó una prospección edafológica donde se establecieron puntos de muestreo para el posterior levantamiento de los mismos. La descripción de los perfiles y el entorno se llevó a cabo según la metodología propuesta por Ruiz *et al* en 1999, la cuál considera relevante la recopilación de información referente a aspectos socioeconómicos de las zonas evaluadas. Posteriormente, se seleccionaron los perfiles más conservados, es decir, aquellos que han sufrido en menor grado los efectos de la erosión, estos perfiles se denominaron "Perfiles Patrón" y fueron representativos de la zona de estudio, conociendo en detalle sus características morfológicas, se compararon con cada Perfil de los sitios descritos para identificar las pérdidas sufridas por uno o varios horizontes. Subsecuentemente se pudo diagnosticar la erosión dentro de las siguientes categorías o grados (Ruiz *et al*, 1999): Nula, Leve, Moderada, Fuerte y Muy Fuerte, en función de la disminución en espesor de cada uno de los horizontes con que contaba cada perfil.

Las pérdidas de suelo se determinaron con la Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos establecida por la FAO en 1980, la cual está basada en la ecuación universal de la pérdida de suelo (USLE); este método toma en cuenta las condiciones existentes en cada sitio de evaluación y, a través de una ecuación paramétrica predice las pérdidas de suelo provocadas por la erosión hídrica; la ecuación se fundamenta en la multiplicación de factores cuyos valores son el resultado de la información recabada en condiciones de campo.

Resultados y Discusión

A continuación se muestra la sectorización de la microcuenca según los diferentes grados de erosión que presenta:

Erosión leve

La superficie que se considera que presenta evidencia leve de erosión, es apenas del 9 % del total de la microcuenca; es decir, sólo está pequeña porción mantiene aún el equilibrio entre los procesos erosivos naturales y la edafogenésis del suelo, por lo que el suelo mantiene la profundidad de sus horizontes al comparase con los perfiles patrón; esto gracias a que aún

conserva remanentes de selva baja caducifolia y matorral crasicuale, las pérdidas de suelo en este sector son de apenas 5 toneladas por hectárea al año (ton/ha/año). Sin embargo, se encuentra explotada por cultivo de pastizales para la alimentación de ganado menor y mayor, lo que ha provocado la eliminación de grandes extensiones de vegetación original. Aunada a esta incipiente deforestación se encuentra la compactación que el ganado ha producido en el suelo, disminuyendo de esta forma, la infiltración de las aguas de lluvia hacia el subsuelo.

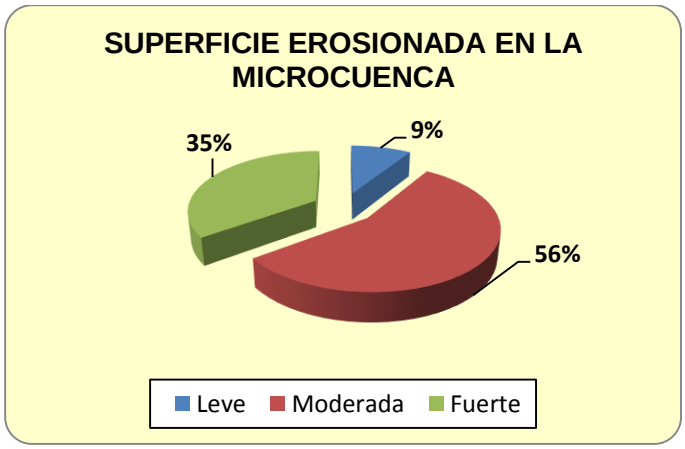
Erosión moderada

El 35 % de la microcuenca registra erosión moderada, dentro de los principales factores que han favorecido la erosión se encuentra la presencia de pendientes pronunciadas (>15%), relieve ondulado y la deforestación por la introducción de cultivos de temporal como el maíz, el cual es considerado como perjudicial en las áreas de ladera, ya que requiere de la eliminación de la vegetación baja para evitar competencia y el surcado se realiza a favor de la pendiente; aunado a esto se encuentra la moderada erosividad del suelo, por lo que en la actualidad han perdido hasta el 75 % de la profundidad de su horizonte A, y se arrastran anualmente, bajo estas condiciones, hasta 16 ton/ha/año.

Erosión fuerte

Esta zona presenta laderas alargadas con inclinación que llega a ser superior al 30%, además de un alto régimen pluvial en verano, que bajo las condiciones de deforestación en las que se encuentra la zona, es un factor potencial de alto riesgo de erosión. La eliminación de la cobertura vegetal se debió a la introducción de cultivo maíz, tomate y cebolla, los cuales fueron sembrados con sistemas agrícolas no aptos para áreas de ladera, por lo que en la actualidad los suelos han perdido total o parcialmente su horizonte A y las pérdidas de suelo han ascendido a 32 toneladas por hectárea al año. En algunas áreas con este grado de erosión, se han abandonado las tierras, lo que ha permitido que se establezcan bosques secundarios que están ayudando a la paulatina recuperación del suelo, ya que se han abandonado por la alta migración de los agricultores.

Finalmente, los resultados muestran que el 91 % de la microcuenca presenta evidencia de erosión en tres grados (Gráfica1). El 9 % corresponde a erosión leve, el 35 % a moderada y el 56 % a erosión fuerte.



Gráfica 1. Porcentaje de la superficie erosionada de la microcuenca del Río San Marcos.

De manera general la combinación del fuerte impacto antropogénico, como la deforestación de las laderas, las malas prácticas agrícolas, la falta de capacitación sobre agricultura

sustentable en ecosistemas frágiles; junto con los suelos poco estructurados de la microcuenca, parecen ser los factores que determinan, en mayor medida la magnitud de la erosión presente. Por lo que impera el desarrollo de una estrategia que lleve a la recuperación paulatina de los suelos, y así evitar que se expanda y se agrave el proceso de desertificación en este municipio del estado de Puebla, de igual forma, se necesitan continuar con los estudios de degradación del suelo, tales como la erosión eólica, el grado de compactación que presentan debido a la extendida ganadería de caprinos que abunda en la región, entre otros, así como delimitar de forma espacial las áreas más susceptibles a la desertificación en función de sus características de deterioro y ambientales.

Conclusiones

El 91 % de la microcuenca presenta evidencia de erosión en diferentes grados. El 9 % cuenta con erosión leve, con pérdidas de suelo de 5 ton/ha/año; el 35 % corresponde a moderada, con pérdidas anuales de 16 to/ha, y el 56 % presenta erosión Fuerte, con arrastres de suelo de hasta 32 ton/ha/año. La erosión acelerada de los suelos en la zona de estudio, es el resultado de una falta de estrategias en el manejo y explotación de las zonas semiáridas; ha existido y aún existe un abandono marcado que atenta contra el desarrollo de estas regiones, muy a pesar que en un futuro no lejano, las consecuencias de este abandono, nos afecten a todos por igual. De continuar empleando tecnologías de explotación inadecuadas para regiones donde existe un equilibrio ecológico frágil, en pocas décadas la Subcuenca del río San Marcos, se convertirá en zona de desastre ecológico.

Bibliografía

Becerra, M. A. (1999) "Escorrentía, erosión y conservación de suelos". Universidad Autónoma de Chapingo. México, pp. 376.

FAO. 1980. "Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos". Roma.

González, P. J. L. (1993) "Guía metodológica para el estudio integral de cuencas hidrográficas con proyección de manejo. Universidad de La Habana, Cuba, 44 pp.

López, B. F. 1996. La degradación de tierras en ambientes áridos y semiáridos. Causas y consecuencias. In T. Lasanta, & J. M. García-Ruiz (Eds.), Erosión y recuperación de tierras en áreas marginales (pp. 51–72). Logroño, España: Geoforma Ediciones

Ruiz Careaga, J, Calderón, E. y Tamariz, V. 1999. Manual para la descripción de perfiles de suelos y evaluación del entorno. Textos BUAP. Puebla, México, 65 pp.

SEMARNAT. 2012. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/03_suelos/cap3_3.html, consultado el 15/mayo/2015.

EVOLUCIÓN Y PERSPECTIVAS DE ADOPCIÓN DE LA SIEMBRA DIRECTA DE TRIGO EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA

Cortés-Jiménez, JM[1*]; López de Lara-Ortega, M[2]; Ortiz-Ávalos, AA[3]; Beltrán-López, S[4]

[1, 3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Cd: Obregón, Sonora. México.
[2]Unión de Crédito Agropecuario e Industrial Colonos de Irrigación, S.A. de C.V. Benito Juárez, Sonora.
[4]INAGROTEC, SC, San Luis Potosí, S.L.P. México.

*Autor responsable: cortes.juanmanuel@inifap.gob.mx; Calle Norman E. Borlaug km 12, Col. Centro, Cd. Obregón, Sonora. México. CP 85000; Tel. +52(01)-5538718700 ext. 81210

Resumen

En el Valle del Yaqui, Sonora, se observan resultados satisfactorios para la adopción de la siembra directa de trigo. La información disponible, permite afirmar que la adopción de este sistema, mejora la calidad del suelo, incrementa la eficiencia en el uso del agua, reduce la emisión de CO_2 eq y los costos de producción. La posibilidad de lluvias durante el período de siembra y durante la aplicación del primer riego de auxilio, son aspectos que influyen en la estrategia de fertilización y siembra del trigo en esta región. La siembra directa inició con 6.0 ha en el ciclo 2011-12 y llegará a 5,000 ha en el 2015-16. Se concluyó que la siembra directa de trigo en seco, con sembradora especializada y con el método que utiliza el agricultor en labranza convencional, facilita la adopción de esta tecnología. Para incrementar la adopción del sistema, es muy importante el apoyo gubernamental para la adquisición de sembradoras especializadas y para la maquila de la siembra, así como para la difusión de la tecnología.

Palabras clave
Siembra directa; semeato; labranza de conservación

Introducción

En México, los primeros ensayos con cero labranza sin cobertura de residuos se realizaron a partir de 1950, y es hasta la década del 70 cuando a través del CIMMYT, se realizó la primera visita a Estados Unidos para observar el concepto de labranza de conservación tal como se conoce en la actualidad (Claverán, 2000). A partir de entonces, se han realizado numerosos esfuerzos para transferir esta tecnología en nuestro país. De acuerdo con reportes del FIRA, en 1997 se apoyó con crédito una superficie de 110,853 ha en labranza de conservación (Novelo, 2000), de las 490,000 ha establecidas ese año (Derpsch, Sin Año). Para el año 2000, se estimó una superficie de 850,000 ha en este sistema en México (Martínez, Sin Año). Sin embargo, 10 años después, se publican los países del continente Americano con 100,000 hectáreas o más en cero labranza y se mencionan en orden descendente, solo a Estados Unidos, Brasil, Argentina, Canadá, Paraguay, Bolivia, Uruguay, Venezuela, Chile y Colombia (Derpsch *et al*., 2010). Lo anterior indica, que en una década disminuyó significativamente la superficie establecida en el sistema. De acuerdo con la FAO (Cuadro 1), en México se establecieron 22,800 ha en agricultura de conservación durante el período 2003-2007, dicha superficie se incrementó a 41,000 ha para el año 2012 (FAO AQUASTAT, 2015).

Cuadro 1. Superficie establecida en agricultura de conservación en el continente americano.

País	Período (miles de ha)					
	1988-1992	1993-1997	1998-2002	2003-2007	2008-2012	2013-2017
Argentina	500	3,950	15,001	22,708	27,000	29,181
Bolivia			240	706		
Brasil	1,350	8,847	18,744	25,502	31,811	
Canada	1,945	4,591	8,831	13,479	16,683	18,313
Chile				120	180	
Colombia				102	127	
Estados Unidos	6,839	17,361	22,400	26,500	35,613	
México				22.8	41	
Paraguay		200	1,200	2,094	2,400	3,000
Uruguay			337.5	553.9	655.1	1,072
Venezuela				300		

Existe una diferencia notable en la superficie que se maneja como agricultura de conservación, lo cual puede atribuirse a la terminología utilizada en la actualidad, ya que se asocia la agricultura sostenible con la agricultura de conservación y ésta última con la siembra directa, la labranza mínima o reducida y la labranza cero. Se han definido metas nacionales para la adopción de la labranza de conservación, pero a la fecha no se observan resultados satisfactorios. En Brasil, la falta de conocimiento o experiencia del productor, representó el principal motivo por el cual los agricultores no adoptaban la siembra directa con 67% de las respuestas, mientras que la idea de que es necesario comprar una sembradora costosa representó el 16% (FAO, 2004). En México, la premisa de que los beneficios de la agricultura de conservación son más evidentes a mediano y largo plazo, restringe su adopción en tierras rentadas, ya que cuando el agricultor conoce y se convence del sistema, prefiere hacerlo en su propia parcela (Ramírez-López *et al*., 2013). En el Valle del Yaqui, se inició la transferencia de la agricultura de conservación, pidiendo a los agricultores esperar cinco años para ver las ventajas de este sistema, lo cual no resultó atractivo para los posibles usuarios.

En zonas de riego como el sur de Sonora, la falta del agua puede ser un factor limitante para la producción. Existe consenso, de que la cobertura del suelo con residuos de cosecha reduce la temperatura del suelo y las pérdidas de agua por evaporación, lo cual ya fue ampliamente documentado al estudiar el acolchado de suelo (Hanks, 1958; Hanks *et al*., 1961). La cobertura del suelo tiende a reducir la temperatura edáfica hasta en 20 ^{o}C (Ross et al., 1986). A una pulgada de profundidad, el suelo desnudo deja pasar de 1.53 a 9.02 cal/cm^2/día, mientras que la cobertura del suelo con residuos orgánicos de 0.67 a 5.35 cal/cm^2/día (Kohnke y Werkhoven, 1963). El manejo del suelo con algún sistema de cobertura es una técnica eficaz para conservarlo en buen estado, la cobertura orgánica también amortigua el impacto de las gotas de lluvia y el viento, reduce la erosión y la formación de costras (Kohnke y Werkhoven, 1963; Narro, 1987). La información disponible, permite afirmar que la siembra directa mejora la calidad del suelo, incrementa la eficiencia en el uso del agua y reduce la emisión de CO_2 eq, por lo cual no es necesario invertir más tiempo y recursos en estos temas.

Aspectos que están relacionados con la tecnología como el costo del diésel, de tractores e implementos, así como el incremento general de los costos de producción, incluida la renta de la tierra, influyen favorablemente para que el agricultor adopte la siembra directa. El objetivo del presente estudio, fue diagnosticar los principales aspectos que afectan positiva o negativamente en la adopción de la siembra directa en el Valle del Yaqui, Sonora.

Materiales y Métodos

En el Valle del Yaqui, Sonora, el clima predominante corresponde al BW(h´)hw que se define como muy seco cálido, y BSo seco muy cálido. La precipitación anual es de 280 mm y la evaporación de 2005 mm. Los parámetros de clima se reportan en el Cuadro 2 (Jiménez, 2001). De acuerdo con la información, en esta región no es posible la agricultura sin irrigación. El déficit anual de agua en el período 2000-2006 fue de 1622 mm, cantidad muy similar al registrado en el período 1960-2003 que fue de 1638 mm (Cortés *et al*., 2009). Los meses con mayor déficit son mayo y junio (Figura 1).

Cuadro 2. Parámetros de clima en la zona de estudio.

Parámetros	Meses											
	Ene	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
Temperatura ºC												
Mínima extrema	0	1	3.4	5.6	7.2	12	18	19.4	14.6	8.2	3.6	-1.8
Media mínima	12.5	13.1	14.7	17.4	21.0	25.7	28.1	28.1	27.3	23.2	17.3	14.1
Media máxima	23.7	25.2	27.2	31.2	34.1	36.0	36.0	35.6	35.8	34.0	29.1	24.6
Máxima extrema	35.0	34.2	35.5	40.3	41.6	42.8	43.6	44.2	44	41.6	37.4	32.5
Precipitación mm	19.7	9.7	4.0	2.1	0.6	3.3	58.2	74.5	45.1	28.5	10.1	21.1
Evaporación mm	76.4	93.1	137.5	193.3	247	267.6	231.8	210.2	184.6	164	117.5	81.3
H.R. %	75	73	70	58	54	62	73	77	74	66	65	73

Años: H.R. = 36; Precipitación = 45; Evaporación = 20 Total anual: precipitación = 280 mm; evaporación = 2005 mm

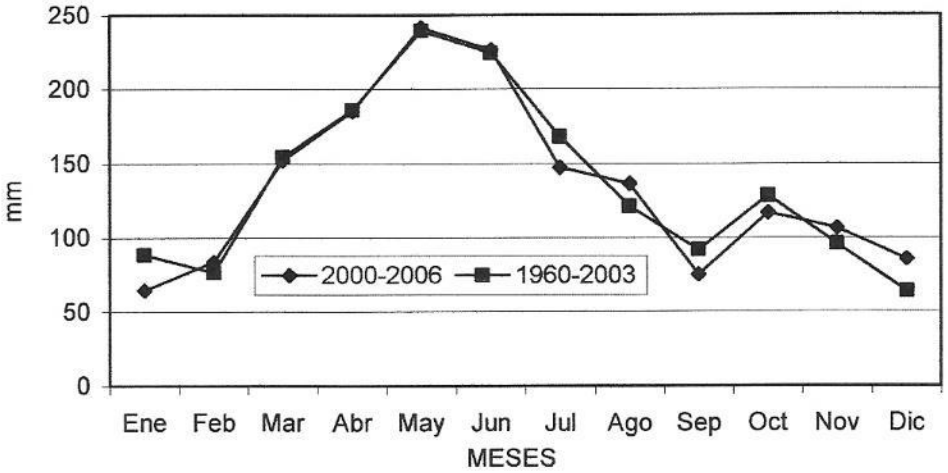


Figura 1. Déficit mensual de agua en el Valle del Yaqui, Sonora.

Destaca la precipitación de noviembre y diciembre, meses en que se siembra el trigo y un déficit de agua de 475 mm durante el ciclo de cultivo. La posibilidad de lluvias durante el período de siembra y durante la aplicación del primer riego de auxilio, es un aspecto que influye en la estrategia de fertilización y establecimiento del trigo. Operativamente, la siembra directa en seco es mejor que la siembra en húmedo y se obtiene mayor producción.

Resultados y Discusión

Encuestas conducidas en el ciclo 1993-94, indicaron que el método de siembra más utilizado en trigo en el Valle del Yaqui fue el de surcos con dos, tres y cuatro hileras de plantas con 55% del área, seguido del método por corrugaciones con 25% y melgas con 20% (Aquino, 1998). En 1994, la siembra en surcos con dos hileras de plantas se estableció en 18.5% del área de trigo en el Valle del Yaqui (SAGAR, 1994), mientras que en el Valle del Mayo, en el ciclo 2000-01 se reportó que del 70.3% del área de trigo que se sembró en surcos, 17% fue con dos hileras de plantas (Valenzuela y Duarte, 2001). Del ciclo 1996-97 al 2001-02, se realizaron más de 40 demostraciones de la siembra de trigo con dos, tres y cuatro hileras en labranza convencional, y se concluyó que en trigo duro la siembra con tres o cuatro hileras supera ligeramente en rendimiento a la de dos hileras (Cortés *et al*., 2003). En el ciclo 2011-12, se comparó la siembra directa en seco con dos hileras, con el método tradicional con 4.5 hileras por surco. Se observó un incremento promedio de 545 kg ha^{-1} a favor del método tradicional del agricultor (Cuadro 3). Durante el ciclo de cultivo se aplicó una fórmula 276-52-00 de NPK (Cortés y Ortiz, 2015). A partir de estos resultados, se observó un incremento en la superficie de trigo en siembra directa. Para el ciclo 2015-2016, se proyecta la siembra de 5000 ha en este sistema, ya que a la fecha, los productores ya adquirieron seis sembradoras especializadas marca SEMEATO, que en conjunto, tienen la capacidad de sembrar 7000 ha (Figura 2).

Cuadro 3. Resultados con métodos de siembra directa en trigo. CENEB-INIFAP. Ciclo 2011-12.

Método	Rendimiento de grano t ha^{-1}		
	350-104-00 NPK*	100-26-00 NPK*	Promedio
Dos hileras	8.120	7.370	7.745
Tradicional**	8.540	8.040	8.290
Promedio	8.330	7.710	

*NPK aplicado en la rotación cártamo-maíz de verano-cártamo
**Hileras a 17 cm con una sembradora Brasileña marca SEMEATO®.

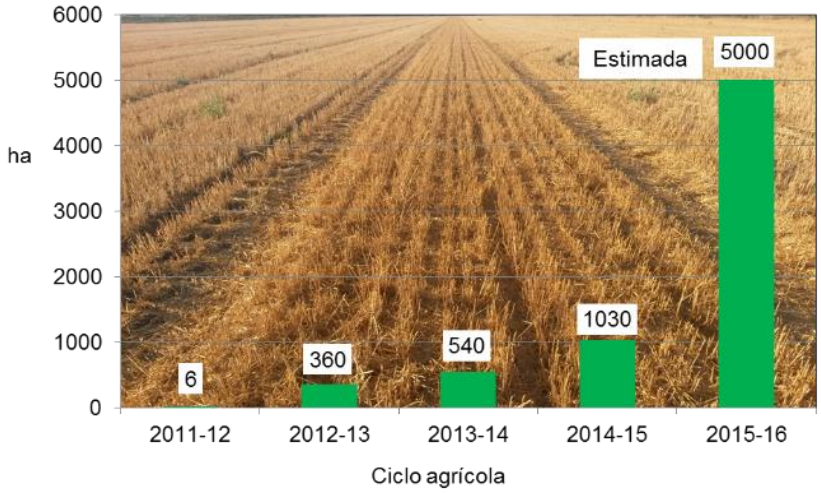


Figura 2. Evolución y perspectivas de la siembra directa de trigo en el sur de Sonora

Conclusiones

En el Valle del Yaqui, Sonora, la siembra directa de trigo en seco, con sembradora especializada y con el método que utiliza el agricultor en labranza convencional, facilita la adopción de esta tecnología. Para una mayor adopción, es importante el apoyo gubernamental para la adquisición de sembradoras especializadas y para la maquila de la siembra.

Bibliografía

Aquino, P 1998. La adopción del método de siembra de trigo en surcos en el Valle del Yaqui, Sonora, México. Informe Especial del Programa de Trigo No. 17b. México, D.F. CIMMYT. 45 pp.

Cortés, JJ.M., Troyo D.E., Garatuza P.J., Ortiz A.A.A. y Rivera G.M. 2009. Estrategias de mitigación ante el cambio climático, para la siembra de maíz de verano en el Valle del Yaqui, Sonora. Memoria de la XXI Semana Internacional de Agronomía. FAZ-UJED. p. 915-923.

Cortés, J.J.M., Contreras de la C. E. y Martínez S.J.J. 2003. Validación de métodos y densidades de siembra en el cultivo de trigo, en el valle del Yaqui, Sonora. Folleto técnico No. 48: INIFAP. Cd. Obregón, Sonora. 28 p.

Cortés, J.J.M. y Ortiz, A.A.A. 2015. Innovación tecnológica con siembra directa de trigo en el sur de Sonora. Publicación especial No. 22. Campo Experimental Norman E. Borlaug, CIRNO-INIFAP-SAGARPA. Marzo de 2015. Cd. Obregón, Sonora, México. p 14-17.

FAO. 2004. Desarrollo de la siembra directa en el Brasil Tropical. La historia de las actividades exitosas de una ONG. BOLETÍN DE SERVICIOS AGRÍCOLAS DE LA FAO 147. http://www.fao.org/docrep/007/y2638s/y2638s00.htm#Contents. Consultado el 27 de mayo de 2015.

FAO AQUASTAT. 2015. Conservation agriculture area. http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/results.html Consultada el 28 de mayo de 2015

Claverán, A.R. 2000. Conservation tillage in Mexico and Latin América: An Overview. In: International symposium on conservation tillage. January 24-27. Mazatlan, Sinaloa, Mexico. 14 pp. http://agecon.okstate.edu/isct/. Consultado el 28 de mayo de 2015.

Derpsch, R. Sin Año. Historical review of no-tillage cultivation of crops. No-Tillage, Sustainable Agriculture in the New Millennium. http://www.rolf-derpsch.com/en/no-till/historical-review/ Consultado el 28 de mayo de 2015.

Derpsch, R., T. Friedrich, A. Kassam and L. Hongwen. 2010. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. Int J Agric & Biol Eng. Vol.3 No.11. 25 pp. http://www.researchgate.net/publication/228692232_Current_status_of_adoption_of_no-till_farming_in_the_world_and_some_of_its_main_benefits Consultado 27 de mayo de 2015.

Hanks, R.J. 1958. Water vapor transfer in dry soil. Soil Sci.Soc. Amer. Proc. 22:372-374.

Hanks, R.J., S.A. Bowers, and L.D. Bark. 1961. Influence of soil surface conditions on net radiation, soil temperature and evaporation. Soil Sci. 91(4):233-238.

Jiménez, G.E. 2001. El campo experimental Valle del Yaqui: su importancia en la producción agrícola en el sur de Sonora. Folleto informativo No. 1. Campo Experimental Valle del Yaqui-INIFAP. Cd. Obregón, Son. 68 p.

Kohnke, H., and C.H. Werkhoven. 1963. Soil temperature and soil freezinq as affected by an orqanic mulch. Soil Sci. Soc. Proc. 27:13-17.

Martínez, R.A. (Sin año). Evolución y perspectivas de la labranza de conservación en México. Centro de Desarrollo Tecnológico Villadiego. 5 pp. http://concyteg.gob.mx/ideasConcyteg/Archivos/15032006_EVOLUCION_PERSPECTIVA_LABRANZA_CONSERVACION_MEXICO.pdf Consultado el 28 de mayo de 2015.

Narro F., E. 1987. Física de suelos con enfoque agrícola. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 201 pp.

Novelo, G.M. 2000. La labranza de conservación en México y apoyos de FIRA para su adopción. En: International symposium on conservation tillage. January 24-27. Mazatlan, Sinaloa, Mexico. 9 pp. http://agecon.okstate.edu/isct/. Consultado el 28 de mayo de 2015.

Ross, P.J., J. Williams, and R.L. McCown. 1986. Soil temperature and the enerqy balance of vegetative mulch in the semiarid tropics. I Statics analysis of the radiation balance. Soils and fertilizers. 49(8):933.

Ramírez-López A., T.D. Beuchelt, Velasco-Misael M. 2013 Factores de adopción y abandono del sistema de agricultura de conservación en los valles altos de México. AGRICULTURA, SOCIEDAD Y DESARROLLO, ABRIL – JUNIO. p. 195-214.

SAGAR. 1994. Métodos de siembra en trigo en el Valle del Yaqui. DDR-148. Cajeme, Sonora.

Valenzuela B.J.R. y Duarte R.J.J. 2001. Adopción de tecnología para la producción de trigo en el Valle del Mayo. CEMAY-CIRNO-INIFAP. Folleto técnico No. 9. Navojoa, Sonora. 31 p.

CARACTERIZACIÓN DE ALGUNOS SUELOS DE LA COMUNIDAD DE TEPENENE. ALTERNATIVAS PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

García Lucero T[1], Ruiz Careaga JA[1]

[1]Posgrado de Ciencias Ambientales, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

*Autor de contacto: garcialucerotania@gmail.com; Posgrado de Ciencias Ambientales, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Av. San Claudio S/N, Ciudad Universitaria, Col, San Manuel, Puebla, Pue., México, C.P. 72570. Tel: (01222)5716420.

Resumen

La localidad de San Bernardino Tepenene está situada en el Municipio de Tzicatlacoyan en el Estado de Puebla. De acuerdo a la situación actual de la localidad se plantea buscar nuevas alternativas para el uso correcto del recurso suelo con una visión de promover el desarrollo sostenible, priorizando su cuidado y atendiendo la situación actual de deterioro. Las prácticas productivas sin criterios de protección de los suelos, contribuyen en gran medida a agravar la erosión cada vez más e impacta de manera directa sobre el bienestar de las comunidades rurales en el campo, ya que con la pérdida de los suelos, las comunidades campesinas e indígenas pierden el suelo, que es la "fábrica" donde ellos pueden producir alimentos para la subsistencia familiar y el medio donde pastan sus animales de esta forma se incrementa la pobreza, la marginación y la desigualdad en la sociedad poblana.

Palabras clave

Erosión, suelo

Introducción

El ser humano ha explotado los recursos para satisfacer sus necesidades, provocando serias perturbaciones en el medio ambiente (Miller, 2001). El suelo es un recurso natural muy importante para el hombre ya que depende de este recurso para poder sobrevivir y suplir de necesidades de alimentación, abrigo y esparcimiento (Valle *et al*, 2010; Quiñones, 2008); sin embargo, el ser humano es la causa principal de la pérdida acelerada de suelos por la eliminación de la cubierta vegetal, cambio de usos de suelo, malas técnicas de cultivo (Becerra, 1997; Torres *et al*, 1999). No obstante los procesos erosivos tiene un efecto negativo el cual consiste en el arrastre del suelo, ocasionado por diversos factores; principalmente las precipitaciones intensas, que actúan de manera drástica en ausencia de una cobertura vegetal que protege al suelo y provocan un efecto mayor en sitios donde se combinan con relieves en pendientes (Espinosa *et al*, 2011) sin tener en cuenta medidas para el control de la erosión; esto favorece la reducción de la profundidad de los suelos por la pérdida de los horizontes, lo que conlleva a cambios en las características morfológicas, químicas y físicas (Hernández *et al*, 2006).

Materiales y métodos

En el presente trabajo se realiza una caracterización de los suelos de acuerdo al manual para la descripción de perfiles de suelos y evaluación del entorno en la comunidad de San Bernardino Tepenene, municipio de Tzicatlacoyan, se localiza en la parte central del estado de

Puebla. Sus coordenadas geográficas son: entre los paralelos 18° 43' y 18°55' de latitud norte; los meridianos 97° 55' y 98° 10' de longitud oeste; altitud entre 1600 y 2 600 m. El clima característico de la región templado subhúmedo, semicálido, con una temperatura anual que oscila entre 16 a 22°C y una precipitación anual de 600 a 800 mm. A su vez se identificara los factores ambientales que lo provocan para proponiendo medidas de conservación de suelo en este municipio.

Resultados y discusión

Se han obtenido resultado en la búsqueda de información sobre las condiciones histórico naturales de la zona de estudio: formaciones geológicas; formaciones vegetales; uso del suelo (agricultura y pastoreo), características del relieve y condiciones climáticas. En lo social se ha revisado información social referida a los índices de pobreza y educación. En la práctica ya se han descrito 8 perfiles de suelos y se han muestreados 3. El estudio preliminar arroja resultados alarmantes en cuanto a las características de los suelos de la localidad de San Bernardino Tepenene, ya que es muy difícil encontrar suelos conservados y los grados de erosión de los suelos son muy diversos, predominando en muchos sectores del área de estudio suelos con grados de erosión muy elevados. A continuación se presentan 8 perfiles de los suelos estudiados y descritos en el campo.

DESCRIPCIÓN DEL PERFIL TT-1

Municipio Tzicatlacoyan.
Localidad: Cerro Tecajete.
Coordenadas: N: 14Q 0592382 W: 2087252.
Escala base cartográfica 1:50 000.
Altitud: 2170 msnm

PERFIL TT-1	Profundidad (cm)	Horizonte	Descripción
	0-3	AB	Horizonte con un contraste difuso de forma discontinua, de color pardo oscuro en seco y pardo oscuro en húmedo, con el 3% en contenido de materia orgánica, tiene un grosor de sistema radicular finas a medianas desarrollado; humedad al tacto mediana, con estructura granular y una porosidad media, la consistencia es friable con ligera adhesividad, no plástico y textura al tacto arcilloso. Este horizonte solo se localiza en pequeñas áreas aisladas por grupos de arbustos y árboles en los espacios donde la vegetación solo hay pasto bajo y escaso, en los poros grandes se observa una colonia de termitas.
	3-20	B_1	Horizonte con un contraste difuso y de forma irregular, de color pardo en seco y en húmedo de pardo oscuro, con un contenido en materia orgánica del 3%. Casi seco al tacto, con una estructura subangular y porosidad de pequeñas a grandes, presenta una consistencia compacta, adhesivo y con una plasticidad ligera. La textura arcillo arenoso con piedras y rocas.
	20-68+	B_2	Horizonte con un contraste difuso e irregular, de color negro en seco y húmedo. Con humedad media al tacto, con una estructura en bloques subangulares pequeños y grandes, una porosidad pequeña, presenta fases brillosas frecuentes con consistencia muy compacta, fuertemente adhesivo y plástico, con un contenido en gravas, piedras, y rocas y textura arcillosa presenta grietas de 10 a 30 cm y fisuras de 5 cm.

DESCRIPCIÓN DEL PERFIL TT-2

Municipio Tzicatlacoyan.
Localidad: Jagüey.
Coordenadas: N: 14Q 053660 W: 2087631.
Escala base cartográfica 1:50 000.
Altitud: 2228 msnm

Perfil TT- 2.	Profundidad (cm)	Horizonte	Descripción
	0-8	AB	Horizonte con una separación de contraste difusa, de color pardo claro en seco y pardo en húmedo, con el 3% en contenido de materia orgánica, tiene un grosor de sistema radicular mediana y desarrollado; y estructura granular y poroso, la consistencia es ligeramente compacta, poca adhesividad, ligeramente plástico y textura al tacto arcillo-arenoso.
	8-16	B	Horizonte con un contraste difuso, de color pardo en seco y pardo oscuro en húmedo, con un sistema radicular poco desarrollado. Con una estructura subangular pequeña a mediana y porosa, presenta una consistencia medianamente compacta, poco adhesivo y plasticidad ligera. La textura es arcilloso arenoso con algunas piedras y gravas.
	16-28+	BC	BC es una capa de color pardo con manchas más oscuras y grises, compacto con un sistema radicular fino.
	28+	ROCA	Roca fuertemente alterada que no eferbece, descansa a los 50 cm aproximadamente sobre roca de color blanco.

DESCRIPCIÓN DEL PERFIL TT-3

Municipio Tzicatlacoyan.
Localidad: Jagüey.
Coordenadas: N: 14Q 0593718 W: 2287722.
Escala base cartográfica 1:50 000.
Altitud: 2230 msnm

Perfil TT- 3.	Profundidad (cm)	Horizonte	Descripción
	0-13	B	Horizonte con una separación difusa, de color pardo claro en seco y pardo en húmedo, con el 3% en contenido de materia orgánica, un sistema radicular poco desarrollado, con estructura subangular de pequeña a mediana y medianamente poroso, la consistencia es compacta con ligera adhesividad y plasticidad. La textura al tacto es arcillo-arenoso con el +30%en gravas y 10% en piedras.
	13-20	BCD	Horizonte formado por restos del horizonte B que se mezcla con un material disgregado del horizonte C y cierta cantidad de gravas de roca, esta es de color blanco cenizo, con gránulos gruesos no compacto y de estructura débil con puntos negros (posible ceolita)

DESCRIPCIÓN DEL PERFIL TT-4

Municipio Tzicatlacoyan.
Localidad: Sierra del Tentzo.
Coordenadas: N: 14Q 0594858 W: 2083467.
Escala base cartográfica 1:50 000.
Altitud: 2150 msnm

Perfil TT- 4.	Profundidad (cm)	Horizonte	Descripción
	0-20	A	Horizonte con una separación abrupta regular, de color negro en seco y húmedo, con el 8% en contenido de materia orgánica, un sistema radicular poco desarrollado, con estructura granular (producto de la cantidad de carbonatos formando un complejo húmico que desarrolla una estructura subangular pequeña típico de este horizonte) sistema radicular mediana desarrollado y muy poroso, la consistencia es ligeramente compacta con adhesividad y plasticidad ligera. La textura al tacto es arcillosa con el 10%en gravas, 30% en piedras y 20% en rocas.

DESCRIPCIÓN DEL PERFIL TT-5

Municipio Tzicatlacoyan.
Localidad: Entronque a Tepenene .
Coordenadas: N: 14Q 0594237 W: 2088320.
Escala base cartográfica 1:50 000.
Altitud: 2160 msnm

Perfil TT- 5.	Profundidad (cm)	Horizonte	Descripción
	3-0	Litter	Horizonte con una separación difusa irregular, y presenta restos de hojas de encino y sabino en diferentes estados de transformación.
	0-12	C	Horizonte con una separación difusa irregular; capa fuertemente meteorizado de color grisáceo y manchas de color blanco. Con una textura arenoso-arcilloso.
	12-80	CD	Roca fuertemente erosionada

DESCRIPCIÓN DEL PERFIL TT-7

Municipio Tzicatlacoyan.
Localidad: Entronque a Tepenene.
Coordenadas: N: 14Q 0594186 W: 2088314.
Escala base cartográfica 1:50 000.
Altitud: 2148 msnm

Perfil TT- 7	Profundidad (cm)	Horizonte	Descripción
	0-19	BC	Horizonte con una separación gradual irregular, de color pardo claro en seco y en húmedo pardo, con -3% de materia orgánica, un sistema radicular medio poco desarrollado, con estructura de bloques subangular mediana y medianamente poroso, la consistencia es compacta con adhesividad y ligeramente plástico. La textura al tacto es arcillo con pocas gravas. Se observaron algunas grietas superiores y fisuras.
	19-30	CD	Horizonte con una separación gradual irregular, es compacta de color gris con manchas blanquecina con un sistema radicular poco desarrollado.
	30-120+	D	Roca

DESCRIPCIÓN DEL PERFIL TT-9

Municipio Tzicatlacoyan.
Localidad: Tepenene.
Coordenadas: N: 14Q 0596434 W: 2089178.
Escala base cartográfica 1:50 000.
Altitud: 2108 msnm

Perfil TT- 9.	Profundidad (cm)	Horizonte	Descripción
	0-26	B1	Horizonte con una separación gradual plana, color pardo oscuro, suelo húmedo con +3% de materia orgánica, sistema radicular fino con desarrollo medio. Estructura subangular pequeña y mediana, poroso, medianamente compacto, con adhesividad, plasticidad y textura arcillosa.
	26-56	B_2	Horizonte con separación difusa plana. Color pardo, enriquecido en materia orgánica del 3%, sistema radicular fino con desarrollo medio, estructura subangulares medianos y grandes, medianamente poroso, medianamente compacto, con adhesividad, plasticidad y textura arcillosa.
	56-73	CD	Horizonte de color pardo amarillento con estructura de roca destruida que se destruye fácilmente con la mano, tiene manchas y a veces penetraciones de del horizonte B_2. Contiene algunas gravas fuertemente meteorizadas con cierta cantidad de poros.
	73-100+	R	Roca ígnea intermedia con manchas negras y venas de color blanco, el amarillo de carbonato es fuertemente meteorizado.

DESCRIPCIÓN DEL PERFIL TT-12

Municipio Tzicatlacoyan.
Localidad: Tepenene
Coordenadas: N: 18°52' 48.9'' W: 098°05'57.1''.
Escala base cartográfica 1:50 000.
Altitud: 2188 msnm

Perfil TT- 12.	Profundidad (cm)	Horizonte	Descripción
	0-16	A	Horizonte con una separación difusa irregular, color pardo e seco y pardo oscuro en suelo húmedo con +3% de materia orgánica, sistema radicular fino muy desarrollo. Reacción fuerte con el HCl. Se tiene ligeramente húmedo al tacto. Estructura granular, muy poroso, consistencia friable, con adhesividad, plasticidad media y textura arcillosa-arenosa. Contenido en gravas del -10% y del 3 a 5% en piedras.
	16-47	B	Horizonte con separación difusa irregular. Color pardo en seco, enriquecido en materia orgánica del 3%, sistema radicular fino muy desarrollo, con humedad al tacto, estructura subangulares media, poroso, compacto, con adhesividad, ligera plasticidad y textura arcillosa-arenosa. Contenido en gravas del -10%, 3% en piedras y -5%en rocas, se observan grietas de 3 mm de ancho y de 10-15 de largo, así como fisuras de 2 mm de ancho y de 5-10 de largo.
	47-60	BC	Horizonte de color pardo claro con estructura grande medio desarrollado, esta medio húmedo al tacto, estructura subangular grande, es poroso, compacto, adhesivo, medio plástico, con textura arcilloso, sin embargo estos agregados se desboronan con la presión de los dedos debido a la compactación existente. Contenido en piedras del -3%, se observan grietas de 5-10 mm de ancho y de 20 de largo.
	60-110	C	Horizonte de color grisáceo con manchas blancas debido a la roca madre en estado de descomposición (contienen gravas) es húmedo al tacto efervece violentamente con HCl, y es compacto.
	110+	Roca	

Conclusiones

Como conclusión preliminar se puede afirmar ya, y será tomado más en cuanta al tener estudiados el resto de los perfiles de suelos, que el uso inadecuado de los suelos ha sido un factor que impacta en lo ambiental, social y económico; al perderse el suelo por la erosión hídrica se pierde el sustento de las plantas de cultivo y de las especies arbóreas y silvestres, pierden el refugio la fauna natural y las comunidades humanas ven como sus tierras ya no aportan los mismos rendimientos agrícolas que en décadas pasadas y cada vez más hay que agregar mayor cantidad de fertilizantes y obtener cosechas inferiores, cosa que obliga a emigrar a las zonas urbanas o al extranjero.

Bibliografía

Becerra, M.A. (1997). Erosión de suelos. Ed. Depto. De Suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. México. Pp.110.

Espinosa, R.M., Andrade, L.E., Rivera, O.P., Romero, D.A. (2011). Degradación de suelos por actividades antrópicas en el norte de Tamaulipas, México. Papeles de Geografía. No. 53-54. Pp. 77-88. Universidad de Murcia España.

Hernández, A., Ascanio, M., Morales, M., Bojórquez, I., García, N., García, D. (2006). El suelo: Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo. Primera edición. Universidad autónoma de Nayarit. Pp.231

Miller, R.W., Gardiner. D.T. (2001). Soils in our Environment. Editorial Pretice Hill. Ninth Edition. New Jersey. Pp. 642.

Quiñónez, E., Dal P.A. (2008). Distribución espacial del riesgo de degradación de los suelos por erosión hídrica en el estado Lara, Venezuela. Geoenseñanza. Vol. 13. No. 1. Enero-Junio. Pp. 59-70. Universidad de los Andes Venezuela.

Ramírez, D.J. (2014). Análisis de tendencias del cambio de uso de suelos de los municipios de Guadalupe Victoria y Tepeyahualco, Puebla. Tesis de Maestría de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Valle, N.L., BusnelII, J., Sampietro, V.M.M. (2010). Incremento de erosión y suelos degradados por acciones antropogénicas y variaciones climáticas, Tucumán. Revista de la Asociación Geológica de Argentina. Vol. 66. No.4. Pp. 499-504.

Ruiz, C.J., Calderón, F.E., Tamariz, F.J.V., Tremols, G.J., Valera, P.M.A., Handal, S.A. (1999). Manual para la descripción de perfiles de suelos y evaluación del entorno. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México.

PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELO Y RETENCIÓN DE AGUA EN EL EJIDO VICENTE GUERRERO, TLAXCALA Y SU COMPARACIÓN CON OTRAS EN EL MUNDO

Lucio-Rojas, L[1*]; Lomelí-Ramírez, D[2]

[1]Facultad de Ciencias, UNAM. Ciudad de México, Distrito Federal. México.
[2]Facultad de Ciencias, UNAM. Ciudad de México, Distrito Federal. México.

*Autor responsable: lilian.luro@ciencias.unam.mx; Av. Río San Javier #404 Ent. B 104, U. Hab. Acueducto de Guadalupe, Gustavo A. Madero, D.F. México. CP 07270; Tel. +52(55)-5348-3423.

Resumen

Ante la problemática de degradación de suelo (i.e. pérdida, infertilidad), que afecta a casi todo el mundo, se han desarrollado diversas técnicas de conservación que se aplican en sistemas de cultivo que pretende, además, mejorar la calidad y la retención de agua. México no ha sido la excepción y, aunque son pocos los esfuerzos, hay asociaciones como Proyecto de Desarrollo Rural Integral Vicente Guerrero A.C donde el alcance y el impacto han sido importantes en la vida de la población del ejido Vicente Guerrero en el estado de Tlaxcala. También se realizó un estudio con referentes principalmente bibliográficos, cuyo objetivo es comparar las prácticas de conservación y aprovechamiento de suelo análogas en diferentes países con un sistema concreto realizado en la localidad de Vicente Guerrero, Tlaxcala, donde se realizan principalmente terrazas y cercos vivos. Las prácticas a comparar incluyen fajas vegetativas en Filipinas, terrazas en Kenia y Tailandia y agroforestería en Colombia. Se utilizaron las fichas generadas por la World Overview Conservation Approaches and Technologies (WOCAT) a través de la publicación Where the land is greener. Se concluye que estas técnicas son particulares para cada región pues deben considerarse para su implementación las condiciones climáticas, el relieve, la pendiente, las características del suelo, y productividad, erosionabilidad y cohesión social, entre otras.

Palabras clave
Conservación; terrazas; productividad

Introducción

La pedosfera es un subsistema de vital importancia en el sistema Tierra, el cual está en una constante interacción con los demás subsistemas como la hidrosfera, atmosfera, geosfera y biosfera; con los cuales se puede formar suelo o evolucionar, dado que para la formación de 1 cm de suelo se necesitan entre 100 a 400 años es relevante su conservación. De igual manera ocurre pérdida de suelo ya sea de manera natural como antrópica, esta última ocurre de manera más acelerada con respecto a la primera, generando una degradación del suelo, es decir, el cambio en la salud del suelo que resulta en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios (FAO, 2015), así como la disminución de la calidad del suelo y su funcionalidad en los servicios ecosistémicos, algunos de estos para la actividad agrícola son: sustrato para las plantas; regulador de los ciclos biogeoquímicos, filtración del agua y secuestro de carbono por mencionar solo algunos.

En México según informes de la SEMARNAT en 2012, el 44.9 % de los suelos del país estaban afectados por algún proceso de degradación, es por eso que se deben llevar a cabo técnicas de conservación y prevención de degradación, principalmente para la erosión del suelo. Debido al aumento e intensidad de la degradación de los suelos a nivel mundial se han creado diversas organizaciones e instituciones que llevan a cabo o promuevan la conservación de los suelos como lo es WOCAT (World Overview of Conservation Approaches and Technologies) que es una red global de especialistas en la conservación del suelo y agua. WOCAT realizó un libro llamado Where the land is greener, sobre técnicas de manejo de tierras y agua a nivel mundial. En el ejido Vicente Guerrero, dentro del municipio Españita en Tlaxcala se realiza la técnica de terrazas siguiendo curvas de nivel obtenidas con un teodolito rústico con su respectivo cercos vivo para la conservación de suelo y retención de agua ante los problemas de erosión hídrica en espacios destinados para actividades agrícolas y ubicados en zona de ladera. Este trabajo tiene como objetivo realizar una comparación con las técnicas de conservación de suelo en diversos países publicados en las fichas de WOCAT, con respecto a la aplicada en el ejido Vicente Guerrero.

Materiales y Métodos

Se realizó una visita educativa al ejido ejido Vicente Guerrero, donde se tuvo la experiencia de preparar un terreno con alta pendiente que a futuro se convertiría en terrazas para cultivo. Aquí se usaron utensilios como el teodolito rústico (aparato A) para realizar una curva de nivel (Figura 1), que posteriormente dará origen a una zanja a nivel de 90 cm de ancho y 30 cm de profundidad siendo el límite inferior la curva de nivel y en el límite superior el cerco vivo (Figura 2) y permitir así que el suelo removido por la erosión se acumulara en esta y suavizara la pendiente con el paso del tiempo, hasta generar una terraza; además se consigue retener agua en la zanja en época de lluvias y conservar la humedad del suelo en dicha zona. Después de realizar entrevistas a miembros del proyecto, se obtuvo información referente al mantenimiento, costos, la aceptación, adaptación e incorporación de diferentes grupos sociales, el manejo, beneficios y desventajas, se construyó una ficha utilizando como plantilla las publicadas en el libro Where the land is greener (Donde la tierra es más verde) de WOCAT.
Se eligieron para comparar cuatro estudios de caso alrededor del mundo en donde se llevaron a cabo prácticas similares a las aplicadas en Vicente Guerrero y obtenidas en la publicación de WOCAT; las cuales fueron: Fajas vegetativas en Filipinas, terrazas en Kenia y Tailandia y agroforestería en Colombia. En la comparación bibliográfica de los casos con la ficha que se creó se destacaron rasgos en común como el aumento en la productividad de los cultivos así como el aumento en el ingreso del productor y las diferencias entre los cinco.

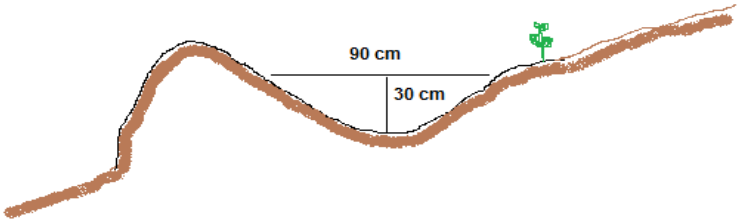


Figura 2. Zanja a nivel y cerco vivo.

Figura 1. Curvas a nivel en Vicente Guerrero.

Se encontró que en sus diferentes variantes y adaptaciones, las prácticas que reducen la erosión hídrica y la pérdida de la capa superficial a través de la suavización de la pendiente y/o de la retención del material tiene una efectividad importante pues fomentan la nutrición del suelo con materia orgánica y la retención del agua. De este modo, existe similitud en los resultados de productividad de los estudios de caso analizados. En el ambiente humano el impacto social, la aceptación y la adaptación de las comunidades, así como la dependencia de los sistemas agrícolas influye en la efectividad y viabilidad de los proyectos, pues la seguridad de la posesión de la tierra deriva en comprometerse con la realización de los proyectos que muestran resultados efectivos a mediano y largo plazo. Las diferencias entre los casos se pueden reducir a factores físico-químicos y socioeconómico y culturales, reflejadas desde el inicio en los problemas del uso de la tierra, aunque todos coinciden en una disminución de la capacidad productiva del suelo o estados de degradación generados por malas prácticas o por las condiciones del terreno. Por otro lado, en cuatro de los cinco casos se redujo o eliminó la utilización de fertilizantes o adiciones de nutrimientos para mejorar la producción agrícola, salvo en el caso Colombia, en donde se utilizan algunas toneladas de composta para sostener la producción. Las comparaciones económicas no tienen una equivalencia directa debido a la fluctuación del valor del dólar.

En todos los casos una ventaja claramente marcada es la disminución de la pérdida de los suelos, el aumento de ingresos y, en menor proporción, el mejoramiento del rendimiento de los cultivos y la calidad del forraje.

Conclusiones

Las técnicas de conservación de suelos por medio de terrazas o cercos vivos tienen resultado visibles a mediano y largo plazo, de igual manera se necesita de una inversión económica principalmente para la mano de obra y el mantenimientos de los trabajos realizados, además de un compromiso por parte de los involucrados; de igual manera se muestra que para la realización de proyectos y estrategias de conservación de suelos para mitigar y prevenir la

degradación de estos se pueden llevar a cabo de manera sencilla, pero teniendo el conocimiento técnico de las mismas, lo que dificulta la realización de estas para personas que no tienen acceso a dicho conocimiento.

Agradecimientos

Al Proyecto de Desarrollo Rural Integral Vicente Guerrero A.C. por facilitarnos la labor de conocer y poner en práctica lo aprendido en el ámbito académico teórico.

A las Dras. Silke Cram Heydrich y Helena Cotler Ávalos por permitirnos aprender del lugar y la experiencia.

Bibliografía y referencias

FAO. 2015. Degradación del Suelo. Recuperado de: http://www.fao.org/soils-portal/degradacion-del-suelo/es/

SEMARNAT. 2012. La degradación de los suelos en México. Informe de la situación del medio ambiente en México. Recuperado de: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/03_suelos/cap3_2.html

WOCAT. 2011. Donde la tierra es más verde. Estudios de caso y análisis de iniciativas de conservación de tierras y aguas en todo el mundo. Hanspeter Liniger y William Critchley. Pp. 93-98, 131-138.

LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN COMO UNA ALTERNATIVA DE SUMIDERO DE CARBONO EN VERTISOLES DEGRADADOS DE MICHOACÁN, MÉXICO.

Medina-Orozco, LE[1,2]; Gómez-García, A[2]; Ochoa-Ochoa, H[1]; Madrigal-Saavedra, E[1]; Velázquez-Duran, JA[1]; Puente-Uribe, MB[3]

[1] Universidad de la Ciénega del estado de Michoacán de Ocampo (UCM). Sahuayo, Michoacán. México.
[2] Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. México.
[3] Universidad Politécnica del Estado de Morelos. Jiutepec, Morelos. México.

*Autor responsable: leninmed@gmail.com; Calle. Avenida Universidad Núm. 3000, Col. Lomas de la Universidad, Sahuayo, Michoacán. México. CP 59103; Tel.Cel +52(443)-438-5786

Resumen

Los sistemas agrícolas en los valles del Estado de Michoacán, representan las zonas más importantes de producción de hortalizas y frutales del estado y por lo tanto de importancia económica y social. La agricultura intensiva de temporal y riego basada en altos insumos agrícolas y movimiento intenso del suelo, han causado problemas fuertes de degradación, entre los que se enlistan: la sodificación (> 15 % Na^+), salinidad > 4 dS m^{-1}, baja estabilidad de los agregados (< 61 %), formación de costras producto de la dispersión del suelo. En algunos sitios el Boro se presenta como un elemento tóxico del suelo (> 3 mg kg^{-1}). Por otro lado, el almacén de carbono se ha visto disminuido de 77 a 32 t C ha^{-1}. Una alternativa viable es la Agricultura de Conservación presentan potencial amortiguador ante los procesos de degradación y han incrementado su almacén de carbono hasta a 72 %, incremento de la estabilidad de los agregados del suelo, respecto a los manejados intensivamente de manera tradicional.

Palabras clave
Conservación de suelos; captura de carbono; cambios globales

Introducción

En México, los Vertisoles ocupan alrededor de 162,618 km^2 (8.3 %) del territorio nacional y son utilizados en su mayoría para agricultura o bien como potreros para ganadería extensiva. Los Vertisoles son considerados los suelos más productivos en Michoacán, en lo que se refiere a los cultivos de hortalizas, frutales y granos básicos, como maíz, trigo y sorgo en el Bajío Michoacano y en la Tierra Caliente además se encuentran cultivados con caña, mango, limón, entre otros. Presentan buena fertilidad debido a su alta capacidad de intercambio catiónico, siendo algunas de sus limitantes la dificultad para labrarlos por su textura arcillosa y en algunos casos la alta pedregosidad superficial.

Los suelos expansivos se han desarrollado principalmente en el Bajío Michoacano, conocido como el valle de Morelia-Queréndaro y el valle de la Ciénega de Chapala. La otra zona importante donde se encuentran estos suelos, es el Valle Apatzingán-Tepalcatepec (INEGI, 1985). Los suelos se encuentran principalmente en valles intermontanos producto del

vulcanismo del Cinturón Volcánico Transmexicano (CVT), formando suelos de depósito derivados de cenizas volcánicas con dominancia de esmectitas y kaolinitas, los estudios sugieren suelos de formación reciente (Sotelo *et al*., 2007).

Los suelos arcillosos del tipo expansivo, presentan baja conductividad hidráulica y capacidad de formación de costras cuando se secan y presentan cambios en su porosidad y cambios significativos de volumen de entre de entre 30 y 40 % dependiendo de su estado de humectación. Tienden a anegarse cuando hay exceso de agua y donde hay déficit de agua es difícil de alcanzar los niveles óptimos de humedad para los cultivos (Nikolski, 1995). Se ha documentado que el manejo agrícola intensivo con movimiento frecuente del suelo, favorece la formación de costras endurecidas sobre la superficie generando degradación física (Norton, 1995), siendo más evidente, cuando se presentan contenidos importantes de sodio intercambiable que afectan la estructura del suelo y genera un desbalance de cationes que afectan la absorción de nutrientes (Quadir *et al*., 2001). Por otro lado, se ha encontrado que la intensidad de las labores agrícolas en Vertisoles del centro de México, afectan significativamente la tasa media de infiltración reduciéndola conforme incrementa el laboreo (Martínez *et al.,* 2015) máxime si el tráfico agrícola es asociado con la humedad como ocurre con suelos bajo riego, donde el contenido de agua en el suelo es alto, lo anterior induce pisos de arado (Mosaddeghi *et al.,* 2000). Varios métodos de recuperación de suelos han sido propuestos para recuperar suelos sódicos, siendo lo más explorados los químicos y la fitorremediación (Quadir *et al*., 2001).

Por otra parte se conoce que los Vertisoles bajo manejo intensivo reducen drásticamente el contenido de carbono hasta en 40 % respecto al contenido inicial (Potter *et al*., 1999), principalmente si se realizan quemas constantes de residuos de cosecha como ocurre en estos valles. Estudios en el centro de México sugieren que la labranza cero sin quema de residuos y fertilización nitrogenada en dosis óptimas, es un factor que puede incrementar significativamente la captura de carbono en Vertisoles irrigados (Follet *et al.,* 2005*)*.

Materiales y Métodos

Los suelos Vérticos del Estado de Michoacán se localizan entre valles intermontanos, con fuerte influencia de cuerpos de agua; en el caso del Bajío Michoacano, encontramos las lagunas más grandes del país, La Laguna de Cuitzeo y Chapala, y en la Tierra Caliente michoacana el Río Balsas (Figura 1).

En los suelos se reconocen los siguientes síntomas de degradación: sodificación (> 15 % Na^+), salinidad > 4 dS m^{-1}, baja estabilidad de los agregados (< 61 %) en varios sitios, formación de costras producto de la dispersión del suelo, con un grosor de 32.3 ± 5.4 mm, después de lluvia o riego. En algunos sitios el Boro se presenta como un elemento tóxico del suelo (> 3 mg kg^{-1}). Se presentan pisos de arado en sitios a 20 cm de profundidad y menor capacidad de retención de agua. Por otro lado, el almacén de carbono se ha visto disminuido de 77 a 32 t C ha^{-1}, entre suelos bajo vegetación nativa comparado con suelos agrícolas.

El clima regional donde se desarrollan los suelos del Bajio Michoacano, es de tipo templado subhúmedo con temperatura promedio anual de 17.9 °C, verano largo y fresco, régimen de lluvias de verano; baja precipitación invernal, Cb (w_1)(w)(i') g. La precipitación domina sobre la evapotranspiración (ETp), lo que sugiere suelos húmedos en gran parte del año. El clima predominante en la Ciénega de Chapala, es el semicálido subhúmedo: (A) C (w1) (w), el mes

más cálido es mayo con 23.6 ° C y el más frío enero, con 15 ° C. Tiene temperatura media anual de 19.7 ° C, la diferencia entre la precipitación y la ETPp es cercana a cero. La parte central por donde fluye el Río Balsas, la más deprimida de la zona, se presenta un clima seco muy cálido, del tipo BS1(h')w(w), con lluvias en verano y escasas todo el año, con una precipitación menor de 5 % en invierno, con temperatura promedio mayor de 28 °C y oscilación térmica de 7.1 ° C. domina la ETPp sobre la precipitación, lo que sugiere suelos secos la mayoría del año (INEGI, 1985).

Figura 1. Localización de los Valles del Estado de Michoacán en los cuales se desarrollan los Vertisoles.

Las muestras de suelos fueron colectadas entre 2009 y 2015. El suelo se colectó de los primeros 30 cm de profundidad, sugeridos para elaborar inventarios de carbono del suelo. Las muestras fueron trasladadas a laboratorio para los respectivos análisis. La colecta fue realizada de manera aleatoria, cada muestra corresponde a muestras compuestas provenientes de entre cinco y ocho submuestras en función del tamaño de las parcelas de entre 2 a 6 ha.

Los suelos recaudados fueron secados a la sombra durante dos semanas como mínimo, se tamizaron por malla de 2 mm y analizaron para las siguientes propiedades: densidad aparente, de partículas y porosidad, carbono orgánico por Walkley y Black, potasio, calcio, magnesio y sodio por acetato de amonio 1 N pH 7.0, y Manganeso por DTPA y absorción atómica. Todos los análisis fueron realizados bajo los manuales correspondientes de los Laboratorios de Suelos del Valle de Apatzingán y de la Facultad de Biología de la UMSNH. El análisis de microagregados del suelo consistió en separar agregados de entre 1 y 2 mm de diámetro y se midió su estabilidad de acuerdo con la técnica propuesta por Kemper y Rosenau (1996).

El almacén de carbono fue estimado a partir de la siguiente formula: COS t ha^{-1}= CO*Da*P; donde el COS (carbono orgánico del suelo) es expresado en %, Da (densidad aparente) en t m^{-3} y P es el espesor del suelo superficial a 30 cm.

Resultados y Discusión

Algunas de las propiedades físicas importantes del suelo estudiadas presentaron los siguientes valores: Densidad aparente (Da) de 1.0 ± 0.1 g cm^{-3}, Densidad de partículas (Dp) de 2.3 g cm^{-3} y una porosidad de 52.5 ± 2.9 %. La estabilidad de los agregados (1-2 mm),

presentaron valores de entre 59 y 70 % de estabilidad, siendo el principal agente de dispersión el sodio intercambiable (Figura 2). Este efecto de dispersión es causado por la saturación de complejo de intercambio que genera la repulsión entre las partículas primarias del suelo y por otro lado, puede causar efectos negativos en la absorción de otros nutrientes en las plantas (Quadir *et al*., 2001; Bronick y Lal, 2005). Por otra parte, se presenta en la Figura 2, el efecto negativo del sodio intercambiable sobre la estabilidad de los agregados. Se consideró un valor de 0.6 $Cmol_c$ kg, de sodio en los suelos, como indicador de inestabilidad de los agregados en Vertisoles cultivados.

La adición de sodio por agua de riego, es un factor determinante en la dispersión de la capas superficial del suelo que favorece la formación de costras por irrigación (Pla, 2014). En estos suelos se presenta la formación de costras > 30 mm después de riego, lo que sugiere un alto nivel de dispersión. Los análisis del agua de riego en el valle de la Ciénega muestran valores > de 3 meq L^{-1}.

Los resultados muestran que los suelos bajo manejo de Agricultura de Conservación con más de 6 ciclos agrícolas; tienden a recuperan la estabilidad estructural, cuando se compara con los suelos bajo manejo intensivo tradicional; donde se queman residuos de la cosecha cada ciclo agrícola y se realiza movimiento intenso del suelo (Figura 2).

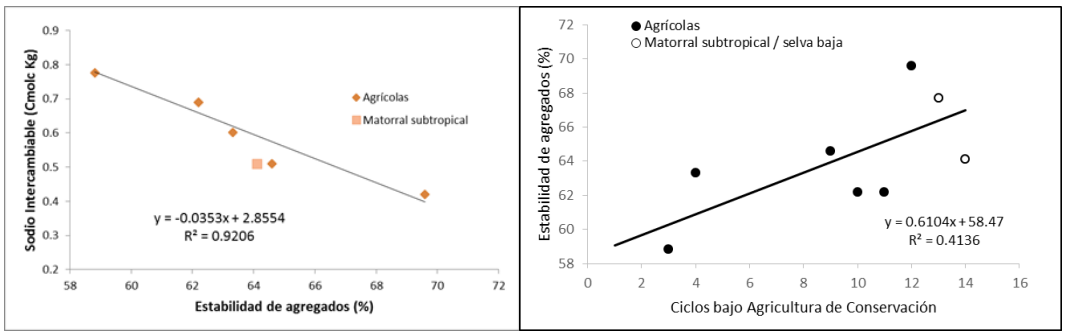


Figura 2. Relación entre el sodio y la estabilidad de agregados y su relación con el COS.

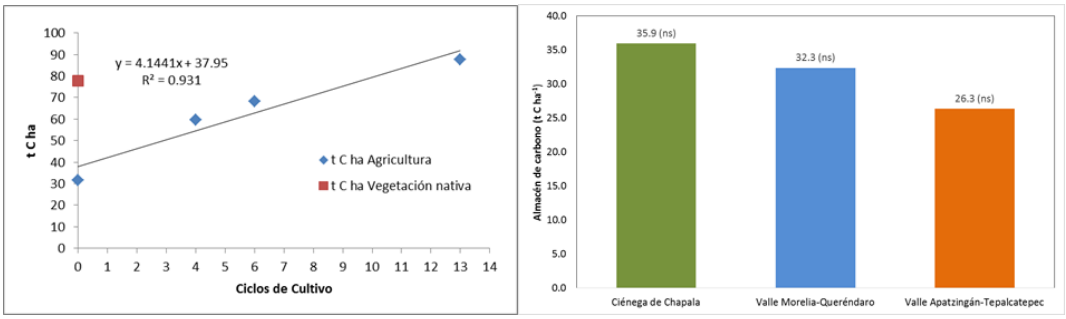


Figura 3. Relación de contenido de carbono y manejo del suelo y distribución de carbono en las distintas regiones de Michoacán.

Por otro lado, se observó una tendencia del suelo de almacenar mayor contenido de carbono en la Ciénega de Chapala, seguido del valle Morelia-Queréndaro y finalmente el valle de Apatzingán-Tepalcatepec, sin ser estadísticamente significativo (Tukey, α =0.05). Sin embargo, cuando relacionamos el manejo en función del tiempo, encontramos que los ciclos de manejo bajo AC, incrementa los niveles de carbono almacenado en el suelo. Por lo anterior, la

AC favorece la capacidad de almacenamiento de carbono en el suelo, funcionando como sumideros (Figura 3).

Desafortunadamente, el manejo de Agricultura de Conservación, sigue siendo demandante de agroquímicos para el control de malezas; por ejemplo para el valle de Morelia-Queréndaro, se recomienda una mezcla de atrazina a dosis de 1.5 kg de producto comercial ha^{-1} (Agrox 90®), con suplemento de 0.8 litro de la mezcla comercial de terbutrina + atrazina (Gesaprim Combi®), utilizado en postemergencia temprana y finalmente aplicación de paracuat + diuron (Gramocil®), en dosis de 2 litros por hectárea (CIMMyT, 2015). Se ha encontrado que la aplicación de herbicidas y plaguicidas incrementan las emisiones de carbono a la atmósfera en suelos cultivados (Vega-Oregel y Medina-Orozco, 2015).

Conclusiones

Ante los problemas de degradación de los Vertisoles causados por los altos contenidos de sodio intercambiable y el manejo intensivo en los valles del estado de Michoacán. Se presenta la Agricultura de Conservación como una alternativa viable para capturar carbono en el suelo y que requiere de relativamente pocos ciclos agrícolas (8 ciclos) para reestructurar el suelo, donde se estabiliza el carbono y se reducen los efectos de dispersión negativos del sodio. Sin embargo, es necesario trabajar en alternativas para reducir los insumos para el control de arvenses para que sea una alternativa amigable con el ambiente.

Agradecimientos

Fundación Produce Michoacán A.C., COFUPRO, proyectos: Manejo agroecológico de la producción de granos en condiciones de riego en Michoacán y la escuela de campo (MIP) como plataforma de educación agroecológica y aprendizaje participativo en el sector hortalizas de Michoacán. CONACYT-COECYT Michoacán, proyecto: Saneamiento, Restauración y Conservación de la Subcuenca del Río Cupatitzio (Clave: MICH-2009-C02-115897)

Bibliografía

Bronick C.J., Lal R. 2005. Soil structure and management: A review. Geoderma, 124: 3–22.

CIMMyT. 2015. Boletin Enlace. Semanario. Aumenta en un 22 por ciento la utilidad en módulo de maíz de Indaparapeo, Michoacán No. 183 / mayo 26, 2015.

Follet, R. F., J. Z. Castellanos and E. D. Buenger. 2005. Carbon dynamics and sequestration in an irrigated Vertisol in Central Mexico. Soil & Tillage Research 83: 148–158.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1985. Síntesis Geográfica del Estado de Michoacán. Secretaría de programación y presupuesto. México, D.F. 316pp.

Kemper, W. D, and R. C. Rosenau. 1996. Aggregate stability and size distribution. In: A. Klute (ed). Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. SSSA Book series 9. Second edition. Agronomy. Madison Wisconsin. USA. 1188 pp.

Martínez, V. J. J., V. M. Vaca G., M. V. Esteller A., A. González H., M. R. Arriaga and F. Gutiérrez R. 2015. Mean infiltration speed in a vertisol under different tillage systems. Terra Latinoamericana. 33 (1): 95-99.

Mosaddeghi, M. R., M.A. Hajabbasi., A. Hemmat and M. Afyuni. 2000. Soil compactibility as affected by soil moisture content and farmyard manure in central Iran. Soil & Tillage Research 55: 87-97.

Nikolski, Y. N. 1995. Particularidades del riego y drenaje en los suelos expansivos arcillosos. En: J. F. Ruiz Figueroa (ed). 163-174. Manejo de suelos arcillosos para una agricultura sustentable. Yucatán, México.

Norton, L. D. 1995. Surface sealing and micromorphology of some high clay soils. En: J. F. Ruiz Figueroa (ed). 279-294. Manejo de suelos arcillosos para una agricultura sustentable. Yucatán, México.

Potter, K. N., H. A. Torbet., H. B. Johnson and C. R. Tischler. 1999. Carbon storage after long term grass establishment on degraded soils. Soil Science. 164 (10): 718-725.

Pla, S. I. 2014. Advances in the prognosis of soil sodicity under dryland and irrigated conditions. International Soil and Water Conservation Research. 2 (4): 50-63.

Quadir, M., S. Schubert., A. Ghafoor and G. Murtaza. 2001. Amelioration strategies for sodics soil: a review. Land degradation and development.12: 357-386.

Sotelo, E. R., M. del C. Gutiérrez C., C. A. Ortiz S., G. Cruz B, y M. A. Segura C. 2007. Delimitación de Vertisoles a través de la identificación de sus firmas espectrales con el uso de imágenes Landsat TM. Terra Latinoamericana 25: 223-230.

Vega-Oregel, J. y Medina-Orozco, L. E. 2015. Efecto de plaguicidas sobre la respiración de suelos cultivados con aguacate del Estado de Michoacán, México. pag 60. En: J. C. Wong González y F. Paz Pellat (compiladores). VI Simposio Internacional del Carbono en México.

EVALUACIÓN DE LAS ZANJAS DE INFILTRACIÓN COMO OBRA DE CONSERVACIÓN DE SUELOS EN EL PARQUE NACIONAL IZTA POPO.

Ramírez-Santiago, A[1]; Galván-Díaz, E[2]; Cram-Heydrich, S[1*]; Cotler-Ávalos, H[2]; Martínez-Trinidad, S[1]; Fernández-Lomelín, P[1]

[1]Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía. Distrito Federal, México.
[2]Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. Distrito Federal, México.

*Autor responsable: silkecram@igg.unam.mx; Avenida Universidad Núm. 3000, Col. Universidad Nacional Autónoma de México, C.U., Del. Coyoacán, Distrito Federal, México. CP 04510; Tel. +52 (55) 5623-0222

Resumen

Las zanjas de infiltración constituyen actualmente una de las prácticas de conservación de suelos en México que más se implementa, por lo que se hace necesario evaluar si cumple con los objetivos que se persiguen con su realización. En el Parque Nacional Izta Popo se han realizado 162,500 zanjas en una superficie de 250 hectáreas, con la intensión de detener y revertir la degradación del suelo. Por tal motivo, este trabajo tiene como objetivo evaluar los efectos de la construcción de las zanjas de infiltración sobre las diversas funciones que cumple el suelo en el ecosistema. Se seleccionaron 5 unidades de estudio en base a la vegetación y al relieve, realizándose la caracterización de las zanjas (número, dimensiones y área que cubre el material que se saca de las zanjas), la caracterización del suelo (descripción del perfil de suelo en campo y análisis de laboratorio) y la caracterización del sitio (rasgos de erosión, pendiente y cobertura). Se concluye que las zanjas de infiltración están impactando negativamente la estructura del suelo por la remoción de suelo que se extrae de la zanja (111 a 414 ton/ha); y están alterando las funciones originales del suelo al ser cubierto por el material excavado de la zanja (los bordos de las zanjas llegan a cubrir de 7 a 25 % de la superficie del suelo de una hectárea). Se recomienda no seguir realizando zanjas de infiltración en suelos con buena calidad de sitio, como lo son los suelos del Parque (densidad aparente de 0.6 a 1.2 gr/cm^3, porosidad total de 59 a 69 % e infiltración de 39 a 105 cm/hr).

Palabras clave

Degradación de suelos; indicadores de suelo; evaluación de obras de conservación de suelos.

Introducción

Desde hace algunos años el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y el Instituto de Geografía de la UNAM ha realizado investigación en el tema de degradación y conservación de suelos, siendo uno de los temas de interés, la evaluación de obras de conservación que se han llevado a cabo bajo condiciones variables en México. Los suelos cumplen con funciones importantes de las cuales se derivan servicios ambientales indispensables para el sostenimiento tanto del ecosistema como de la vida humana.

En la actualidad, las prácticas de conservación que se realizan no consideran la condición de los suelos, la degradación (tipo e intensidad), ni otros atributos del paisaje, como lo es el

relieve (Cotler *et al*., 2013). Tampoco se monitorean los resultados de estas acciones para conocer si realmente se está logrando la conservación de la calidad de los suelos. En México, una de las prácticas más realizadas son las zanjas de infiltración o tinas ciegas (Vargas *et al*., 2010; Vargas y Vanegas, 2012). Esta práctica se ha utilizado como una práctica hidrológica-forestal (Pizarro *et al*., 2004), para cosecha de agua (Oweis *et al*., 1998; Madan, 2014), para captar el agua que escurre y disminuir los procesos erosivos, para mejorar la eficiencia del uso de agua de la precipitación (Bulcock y Jewitt, 2013), para conservar agua y favorecer la producción de biomasa y la aforestación en ambientes degradados (Singh *et al*., 2013), y para regular agua de escorrentía en zonas urbanas (Bhagu *et al*., 2012), pero no está documentada como obra de conservación de suelo para recuperar, mantener o conservar su calidad.

En el Parque Nacional Izta-Popo se han construido 162,500 zanjas de infiltración en una superficie de 250 hectáreas, como parte del Programa Nacional de Reforestación y Cosecha de Agua, realizado en colaboración con Pronatura México, A.C., Coca-Cola de México, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y la Comisión Nacional Forestal. El objetivo específico de este programa es detener y revertir la degradación de los recursos suelo y agua, mediante el desarrollo y aplicación de programas de conservación y restauración con un enfoque de cuenca hidrológica. Es por ello el interés de evaluar los efectos de la construcción de las zanjas de infiltración que se han realizado en el Parque Nacional Izta-Popo sobre diversas funciones que cumple el suelo en el ecosistema.

Materiales y Métodos

Este trabajo se inició con la recopilación y análisis de la información sobre las zanjas de infiltración que se han implementado en el Parque Nacional Izta-Popo (Figura 1), consistiendo en su ubicación georeferenciada, cantidad de zanjas realizadas, año de construcción y objetivos de su construcción. Posteriormente, se elaboraron mapas base a escala 1:50,000 con la ubicación de las zanjas y las características del medio físico (hidrología, densidad de disección, relieve, suelos, cobertura y uso de suelo). Con base en la información anterior, se elaboró la estrategia de muestreo de suelos, seleccionando 5 unidades espaciales con características (relieve, vegetación) diferentes.

En cada unidad seleccionada se hizo el conteo del número de zanjas, recorriendo un área de 50 m x 50 m, también se midieron las dimensiones (largo, ancho, alto) en nueve zanjas con una cinta métrica, así como la superficie que cubren los bordos de las zanjas sobre el suelo (largo y ancho). Cualitativamente se evaluó el porcentaje de azolvamiento que presentaba la zanja.

En las cinco unidades se hizo una descripción del suelo y se colectaron muestras para el análisis en laboratorio para hacer una evaluación edafoecológica y clasificación del suelo (Siebe *et al*., 1996). Se seleccionaron sitios con y sin zanjas (suelo control), colectando seis muestras del bordo de la zanja, seis del fondo de la zanja y seis del suelo control para determinar densidad aparente, densidad real, retención de humedad y carbono orgánico; en campo se determinó la estabilidad de agregados, la infiltración y se describieron los rasgos de erosión. Se emplearon los métodos de laboratorio y campo descritos en Cotler *et al*., 2015.

Para la evaluación de resultados se hace una descripción estadística de los datos, una comparación gráfica de sitios control (sin zanjas) contra sitios con zanjas en cada localidad y una comparación entre las diferentes localidades seleccionadas con análisis de varianza.

Figura 1. Zanjas de infiltración del Programa Nacional de Reforestación y Cosecha de Agua en el Parque Nacional Izta-Popo (Fotografía de Ramírez-Santiago, 2014).

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 y 2 se presenta información preliminar de los avances de la investigación. Los cinco sitios de estudio muestran mayor cantidad de zanjas que el número sugerido en el manual de la Comisión Nacional Forestal (2013) de 250 zanjas por hectárea; en los sitios de Altzomoni 1 y Altzomoni 2 se hizo prácticamente el doble de zanjas.

La superficie de suelo cubierta por el material excavado de la zanja (bordos de las zanjas) oscila entre 770 y 2584 m^2/ha, es decir, sepulta de 7 a 25 % de la superficie. Esta cubierta de material depositado sobre la superficie del suelo altera las funciones originales del suelo. La cantidad de suelo removida y que conforman los bordos de las zanjas varía entre 111 a 414 ton/ha; esta acción altera la estructura del suelo y el material es susceptible a erosionarse. Delgado *et al*. (2013) mencionan que minimizar el disturbio del suelo constituye el mejor medio para conservar el suelo.

Los sitios de estudio presentan baja densidad aparente (0.6 a 1.0 gr/cm^3) a excepción de Zoquiapan, que ligeramente se incrementa a 1.2 gr/cm^3. Por consiguiente, la porosidad total en los sitios es de satisfactoria a excelente de acuerdo a la clasificación de Montenegro y Malagón (1990).

Considerando la clasificación de USDA (1999), el sitio Las Quintas presentó una moderada rapidez en la velocidad de infiltración (39 cm/hr), mientras que en Altzomoni 1, Altzomoni 2 y El Paraje fue muy rápida (69 a 105 cm/hr). En base a lo anterior, las zanjas de infiltración se están realizando en suelos con buena capacidad de infiltración.

Cuadro 1. Cantidad de zanjas, superficie de suelo cubierta por el material excavado de la zanja y la cantidad de remoción de suelo debido a la construcción de las zanjas.

Sitio	Uso del suelo	Número de zanjas (ha)	Superficie de suelo cubierta por el material excavado de la zanja (m^2/ha) Media ± Ds	Remoción de suelo (ton/ha) Media ± Ds
Altzomoni 1	Reforestación	484	2584.6 ± 682.4	414.6 ± 206.8
Altzomoni 2	Pastizal	572	2148.3 ± 541.9	413.7 ± 94.8
Las Quintas	Bosque	360	1512.5 ± 111.1	167.2 ± 28.4
El Paraje	Bosque	288	787.3 ± 193.0	111.3 ± 21.8
Zoquiapan	Bosque	280	770.1 ± 291.2	147.7 ± 37.8

Cuadro 2. Propiedades físicas de los sitios de estudio (sitios control).

Sitio	Uso del suelo	Densidad aparente (gr/cm^3) Media ± Ds	Porosidad total (%) Media ± Ds	Infiltración (cm/hr) Media ± Ds
Altzomoni 1	Reforestación	1.09 ± 0.31	49.4 ± 17.6	105.0 ± 7.2
Altzomoni 2	Pastizal	0.81 ± 0.20	59.6 ± 8.5	84.4 ± 24.8
Las Quintas	Bosque	0.60 ± 0.17	57.2 ± 7.6	39.1 ± 37.7
El Paraje	Bosque	0.92 ± 0.08	51.1 ± 5.8	69.0 ± 18.6
Zoquiapan	Bosque	1.23 ± 0.03	59.9 ± 14.0	sin dato aún

Conclusiones

Las zanjas de infiltración que se realizaron en el Parque Nacional Izta-Popo están impactando negativamente en la estructura del suelo por la remoción de suelo que se extrae de la zanja; y están alterando las funciones originales del suelo al ser cubierto por el material excavado de la zanja. Se están realizando zanjas de infiltración en suelos con buena calidad de sitio (densidad aparente, porosidad total e infiltración).

Agradecimientos

A la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas encargada del Parque Nacional Izta-Popo por las facilidades otorgadas para el desarrollo del trabajo de campo.

Bibliografía

Bhagu, R. C., D. Graillot and S. Gaur. 2012. Stormwater management through infiltration trenches. Journal or Irrigation and Drainage Engineering 138 (3): 274-281.

Bulcock, M. L. and G. P. W. Jewitt. 2013. Key physical characteristics used to assess water harvesting suitability. Physics and Chemistry of the Earth 55: 89-100.

CONAFOR. 2013. Manual de obras y prácticas de protección, restauración y conservación de suelos forestales, 4a. ed., Comisión Nacional Forestal, México.

Cotler, H., S. Cram, S. Martínez Trinidad and E. Quintamar. 2013. Forest soil conservation in central Mexico: an interdisciplinary assessment. Catena 104: 280-287.

Cotler, H., S. Cram, S. Martinez Trinidad and V. Bunge. 2013. Evaluación de prácticas de conservación de suelos forestales en México: caso de las zanjas trinchera. Investigaciones Geográficas. dx.doi.org/10.14350/rig.47378 pre-print.

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

Madan, K. M., V. M. Chowdary, Y. Kulkarni and B. C. Mal. 2014. Rainwater harvesting planning using geospatial techniques and multicriteria decision analysis. Resources conservation and recycling 83: 96-111.

Montenegro, G. H. y C. D. Malagón. 1990. Propiedades físicas de los suelos. Bogotá, IGAC. 800 pp.

Oweis, T., A. Oberle and D. Prinz. 1998. Determination of potential sites and methods for water harvesting in central Syria. *In*: Blume, H., H. Eger, E. Fleischhauer, A. Hebel, C. Reij and G. K. Steiner (Eds.). *Towards sustainability land use*. Advances in Geoecology I (31): 83-88.

Pizarro, T. R., V. J. P. Flores, P. C. Sangüesa y A. E. Martínez. 2004. Monografías de zanjas de infiltración. Universidad de Talca, Bosques de Chile S.A., Terranova S.A., Bosque Villanueva Ltda., Chile. 32 pp.

Siebe, C., J. Reinhold y K. Stahr. 1996. Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C., Publicación Especial, núm. 4, México. 56 pp.

Singh, G., D. Mishra, K. Singh and R. Parmar. 2013. Effects of rainwater harvesting on plant growth, soil water dynamics and herbaceous biomass during rehabilitation of degraded hills in Rajasthan, India. Forest Ecology and Management 310: 612-622.

USDA. 1999. Soil Quality Test Kit Guide. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service and Natural Resources Conservation Service-Soil Quality Institute. [http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044790.pdf].

Vargas, E., M. Vanegas, E. Ojeda, J. Sepulveda y M. P. Lozano. 2010. Informe de evaluación externa de los apoyos de restauración de suelos forestales, ejercicio fiscal 2009. Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de Mexico.

Vargas, E. y M. Vanegas. 2012. Evaluación complementaria del PROCOREF, Ejercicio Fiscal 2011. Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México. [http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/7/579Restauraci%C3%B3n%20de%20ecosistemas%20forestales.pdf: 6 Julio 2014].

MANEJO DEL SUELO EN GRANJA FAMILIAR EN CERRADO PIAUÍ-BRASIL

Barbosa Santos R[1*]; Freitas Iwata, B[2]; Souza Lago, A[3]; Moreira Timoteo, M[4]; Silva Lima, P[5]; Gutier Ailan Costa,T[6]

[1] Instituto Federal do Piauí, Campus Corrente-Brasil, académico de la tecnología en curso de Gestión Ambiental
[2]Instituto Federal do Piauí, Campus Corrente-Brasil, professor. Dr. de la tecnología en curso de Gestión Ambiental [3]Instituto Federal do Piauí, Campus Corrente-Brasil, académico de la tecnología en curso de Gestión Ambiental
[4]Instituto Federal do Piauí, Campus Corrente-Brasil, académico de la tecnología en curso de Gestión Ambiental
[5]Instituto Federal do Piauí, Campus Corrente-Brasil, académico de la tecnología en curso de Gestión Ambiental
[6]Instituto Federal do Piauí, Campus Corrente-Brasil, académico de la tecnología en curso de Gestión Ambiental

* rejanemira@hotmail.com ; Rua 6, Bairro Nova Corrente, Corrente, Piauí. Brasil. CP 64.980-000; Tel. +55(89)9934-8946

Resumen

La degradación del suelo debido a prácticas inadecuadas de manejo es uno de los mayores problemas de la agricultura y puede afectar directamente a la calidad y el uso sostenible de la misma. Dada la necesidad de mantenimiento y gestión de la tierra se reúnen la calidad del suelo adoptado por los agricultores es crucial para evaluar el desarrollo y la sostenibilidad de las prácticas agrícolas locales, y proporcionar una mejor comprensión de las técnicas y métodos utilizados por los agricultores y ayudar a encontrar tácticas para maximizar la producción agrícola. Por lo tanto, el presente estudio pretende cubrir un vacío en la información relacionada con las técnicas de manejo del suelo utilizadas por los agricultores de maíz, frijol y yuca en el municipio de corriente Piauí. Para la aplicación de los tres principales comunidades rurales propuestos en el municipio donde se llevó a cabo la visita en el lugar y se eligieron un cuestionario semiestructurado agricultores. Se encontró que la gestión del suelo en el maíz, la yuca y frijoles en las comunidades estudiadas se lleva a cabo de manera bastante tradicional por la mayoría de los agricultores y un bajo nivel tecnológico.

Palabras clave

La conservación del suelo, el nivel de manejo del suelo y prácticas de gestión.

Introducción

El suelo constituye uno de los principales factores de producción, ya sea por su función como soporte de las plantas, o proporcionando las condiciones necesarias para su desarrollo, con la participación de agua, nutrientes y calor; sin embargo, la demanda de mayores rendimientos ha conducido finalmente a una degradación considerable de este recurso natural como resultado de un manejo inadecuado (Oliveira et al., 2005). Cambio de la vegetación natural para la agricultura sistema operativo provoca profundos cambios en las propiedades del suelo (Lourente et al., 2011).

Los suelos agrícolas están sujetos a cambios en sus propiedades físicas y químicas de acuerdo con el tipo de uso y manejo de los sistemas adoptados. Por otro lado, si la degradación del suelo se invierte y la calidad del suelo se mantiene o mejora, por métodos de gestión adecuados, la sostenibilidad agrícola puede ser una realidad (Pequeno, 2013).

En este sentido, la gestión agrícola es sostenible sólo cuando la calidad de los recursos minerales, el aire y el agua se mantiene o mejora, y en el caso del suelo, la calidad depende del mantenimiento y mejora de su atributos biológicos físicos, químicos y, así como su capacidad de producir alimentos y fibras (DORAN y Parkin 1994) continuó.

Los suelos bajo el Cerrado en Brasil generalmente tienen condiciones físicas favorables a la agricultura y se han explorado gradualmente con cultivos anuales, pastos y, más recientemente, la reforestación. Alrededor de la mitad de los 2 millones de km² únicas del Cerrado se transformaron en pastos sembrados, cultivos anuales y otros usos. (Klink y Machado 2005).

Poco se sabe acerca de la gestión y la calidad de los cultivos anuales de suelos especialmente en el cerrado brasileño antes de que se necesita la necesidad de un conocimiento detallado del tipo de gestión y el nivel tecnológico de este utilizado para la producción de la agricultura en el Cerrado de generar información que permita una mejor comprensión de la gestión del suelo en esta región que el mayor énfasis en la investigación.

Antes del informe, es evidente la necesidad de recopilar información sobre las técnicas y el nivel de manejo del suelo en el cultivo de cultivos anuales en el Cerrado, desde el levantamiento de la información va a entender las prácticas agrícolas en la región. Así, el objetivo de este estudio fue identificar la gestión del suelo en el área bajo siembra de maíz frijol y yuca en el municipio de Corrente Piauí- Brasil.

Materiales y métodos

Este trabajo se llevó a cabo en las granjas en el Corrente municipio, situado en el extremo sur de Piauí Estado. Situado en la latitud 10º26'34 "y 45º09'43" altitud de 438 metros, su población estimada de 25.408, la ciudad se encuentra en el micro del Extremo Sur Chapadas Piauiense que comprende una superficie de 3.033,66 km2. El clima es parte del tipo tropical, con una temperatura promedio de 25 ° C (IBGE 2010). Para la ejecución del proyecto fueron elegidos entre los tres primeros del municipio rural de la comunidad Piauí actual ellas es: Morro Redondo, Caxingó y Calumbí. donde se cultivan maíz y frijol.

Información sobre la gestión adoptado en la región se obtuvieron a través de entrevistas con los agricultores a través de la visita en el lugar y un cuestionario semiestructurado la misma en base a los niveles de gestión de la clasificación adoptada en Brasil.

Resultados y discusión

Según la encuesta, tradicionalmente celebrada el manejo de la tierra ejercido en la agricultura familiar en el municipio actual se practica en un sistema rudimentario, conocido popularmente como jardín, realizado a través de la tala y quema de bosques nativos o áreas trabajadas previamente (capoeira) con uso de equipos tales como la hoz, la azada y el hacha y en algunas áreas es el uso de maquinaria para la preparación del suelo (Tabla 1).

Tabla 1. Descripción y manejo de suelos niveles adoptados por los agricultores en el distrito actual Corrente, Piauí- Brasil

Áreas	Cultivos	Técnicas de uso de la tierra	Los niveles de gestión
Morro Redondo	Maíz y Frijoles	El área se limpia manualmente con la hoz y el hacha (corte) y la motosierra para algunos productores. Burning se lleva a cabo para la limpieza de la zona. uso de maquinaria para la preparación del suelo después de tres años de acuerdo con algunos agricultores; Rangos de cultivo de azada manual para el uso de la máquina de recolección manual y manual.	A
Calumbi	Maíz y Frijoles	El área se limpia manualmente con la hoz y el hacha ya veces usar la motosierra (taladro); Algunos agricultores dijeron que salen de la planta permanece para fertilizantes y gradeia el suelo con tractor para la siembra; El cultivo con la máquina de la cosecha manual y manual.	B
Caxingó	Maíz y Frijoles	El área se limpia manualmente con la hoz y el hacha y los tiempos de motosierra (perforación); Burning se realiza para limpiar el área y barandilla con tractor; cultivo con máquina manual y la azada y la cosecha manual.	A

Tabla 1 puede - tener en cuenta que las prácticas de uso de la tierra en general se hacen con un bajo nivel tecnológico y el nivel de gestión de A y B eran bastante significativo en las comunidades estudiadas no hay grandes diferencias en la gestión, es decir, practicaban es una gestión considerada primitiva (a) y sin desarrollar (B) basado en un corto nivel tecnológico, medio, respectivamente.

La gestión y la preparación del suelo adoptada consiste en una limpieza sencilla y bastante tradicional. Limpieza del área en todas las comunidades estudiadas consiste en una deforestación llevada a cabo de forma manual con instrumentos como la hoz, hacha, azada y en algunas áreas es el uso de motosierra (Figura 1).

Figura 1. Manual Deforestación Area (machete, hoz y motosierra). Fuente: Foto Rejane Barbosa Santos (2014).

A continuación, el siguiente paso labranza mayoría de los agricultores es la adopción de fuego al lugar de la quema y árboles existentes, después de cerca de la quema de la zona (Figura 2). Según Moura (2004), agricultura de subsistencia la familia se practica en las zonas tropicales húmedas de Brasil se basa principalmente en el corte y quema de vegetación natural con el fin de promover la fertilidad del suelo. En este tipo de agricultura, por diversas razones, rara vez se utilizan equipos de tracción mecánica o fertilizantes químicos solubles (Freitas et al., 2011).

Figura 2. Preparación de la zona a través de la quema. Fuente: Foto Rejane Barbosa Santos (2014).

Encontró que después de la ejecución de la quema de algunos agricultores stock y gradeiam el suelo con el uso de las máquinas, aunque es común para preparar manualmente la tierra con una azada de usar. El uso de la máquina a la parrilla el suelo según algunos agricultores sólo se lleva a cabo después de dos o tres años de uso de la zona.

En los cultivos de limpieza se lleva a cabo la maleza por las herramientas que adoptan como azada, es importante que la producción de los cultivos de las comunidades estudiadas se realiza principalmente para el consumo de los propios productores y que los que comercializar venta productos de la región. Durante el período seco de la región del suelo está en reposo hasta el invierno cuando se reinicia una nueva plantación.

En cuanto a la producción, el estudio encontró que la cosecha producida se destina al consumo local, con una producción de baja extracción y el simple manejo de la tierra prevalece con un bajo nivel tecnológico empleado a pesar de ya haber algunas áreas en las que algunos productores están utilizando equipo mecanizado como tractor para la preparación del suelo y la máquina manual para la siembra de cultivos (Figura 3).

Figura 3. El cultivo con máquina manual. Fuente: Foto Rejane Barbosa Santos (2015).

Guanziroli et al, (2001) demostraron que la mitad de los establecimientos de tipo familiar (49,8%) depende exclusivamente de la fuerza física de sus miembros para realizar tareas agrícolas. Todas las actividades necesarias para la producción, como el arado, siembra, escarda y la cosecha se llevan a cabo por los agricultores familiares con el uso prácticamente sólo dos instrumentos -'foice y pala '- tal como se practicaba la agricultura en la prehistoria más el uso del fuego para quemar y limpiar el bosque o pastizales. Esta situación es aún peor en el Norte y Nordeste, donde el 87,1% y 61,1%, respectivamente, de los agricultores utilizan la única herramienta de trabajo 'azada', que revela la precariedad de las técnicas y de gestión de los empleados bajo nivel tecnológico en producción utilizado por estos productores.

La enc Preparación del suelo para la siembra posterior de los cultivos analizados se realiza generalmente de septiembre a octubre por la mayoría de los agricultores.

La encuesta encontró que el manejo del suelo en el maíz, la yuca y frijoles en las comunidades estudiadas se lleva a cabo de manera bastante tradicional por la mayoría de los agricultores y un bajo nivel tecnológico y que los agricultores afirman que este hecho debería ser el potencial y los instrumentos dentro de sus condiciones económicas y técnicas. En este sentido, se encontró que cuanto mayor sea el área cultivada es la gestión más desarrollada del suelo.

Conclusiones

La gestión del suelo utilizado en el actual municipio es convencional y arcaico.

Se puede observar que el manejo de suelos realizado en el maíz, la yuca y el frijol tiene un bajo nivel tecnológico predominando la gestión de los niveles A y B.

Agradecimientos

Dios mío, mis pequeños amigos de la "Soil amo", sobre todo el maestro Bruna Iwata.

Bibliografía

Doran, J. W.; Parkin, T. B. Defining And Assessing Soil Quality. In: Doran, J. W. Et Al. (Eds.). *Defining Soil Quality For A Sustainable Environment*. Madison: Soil Science Society Of America, 1994. P. 3-22.

Fageria, Nand Kumar & Stone , Luís Fernando. Produtividade De Feijão No Sistema Plantio Direto Com Aplicação De Calcário E Zinco. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, V.39, N.1, P.73-78, Jan. 2004.

Freitas, V. C; Santos, F. C. V. ; Oliveira, R ; Custódio, Filho E; Mendonça, K. H. Efeito Do Manejo Do Solo Na Agricultura Familiar Avaliado Pela Densidade Global. 2011. Esperantina, To. Janeiro/2011

Klink Ricardo B.& Machado A Conservação Do Cerrado Brasileiro. Carlos A.. Megadiversidade | Volume 1 | Nº 1 | Julho 2005.

Moura, E.G. Agroambientes De Transição Avaliados Numa Perspectiva Da Agricultura Familiar.In: Moura, E.G. (Ed.). Agroambientes De Transição Entre O Trópico Úmido E O Semi-Árido Do Brasil. São Luís: Uema, 2004. Cap. 1, P.15-51.

Guanziroli, C. E. (2001). Agricultura Familiar E Reforma Agrária No Século Xxi. Editora Garamond. Rio De Janeiro.

Lourente, E. R.P.; Mercante, F. M.; Alovisi , A. M. T.; Gomes, C. F.; Gasparini , A. S.; Nunes, C. M.; Atributos Microbiológicos, Químicos E Físicos De Solo Sob Diferentes Sistemas De Manejo E Condições De Cerrado. Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, V. 41, N. 1, P. 20-28, Jan./Mar. 2011.

Otutumi, Adriana Tamie; Oliveira, Teógenes Senna; Medonça, Eduardo E Lima, Pedro Jorge Bezerra. Qualidade Do Solo Em Sistemas De Cultivo Agroeclógicos No Município De Tauá- Ce. Fortaleza, Ce: Departamento De Ciências Do Solo, Ufc, 2004. Ix, P.1-30.

Pequeno, P. L.L. Noções Básicas De Uso E Manejo De Solo /. 1. Fertilidade De Solos 2. Cultivos 3. Agricultura Familiar 4. Solos De Rondônia. Porto Velho-Ro: Edufro, 2013. 59 P.

Silva , V. R.; Reinert, D. J.; Reichert, J. M.. Densidade Do Solo, Atributos Químicos E Sistema Radicular Do Milho Afetados Pelo Pastejo E Manejo Do Solo. R. Bras. Ci. Solo, 24:191-199, 2000.

CARACTERIZACIÓN DE INDICADORES DE CONSERVACIÓN DEL SUELO EN LA SELVA BAJA CADUCIFOLIA Y MATORRAL SUBTROPICAL

[1]Tapia-Sánchez, X*, [2]Aguilar-Galván, F, [2]Flores-del Castillo JA, [2]Zamora-Huerta AR, [3]Fuentes-Romero, E, [3]García-Calderón, NE

[1]Licenciatura en Ciencias de la Tierra, Ciencias Ambientales, Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación-J, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
[2]Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro.
[3]Laboratorio de Conservación y Rehabilitación del Recurso Edáfico, UMDI-FC-UNAM, Campus Juriquilla.

* xochitl.tapia@ciencias.unam.mx; Blvd Juriquilla Núm. 3001, Juriquilla, Santiago de Querétaro, Querétaro. México. CP 76230; Tel +52 (044)-442-4706557

Resumen

La recuperación de los ecosistemas degradados debe tener un enfoque funcional considerando la relación suelo-planta. En este trabajo se evaluó el grado de degradación de la selva baja caducifolia (SBC) y del matorral subtropical (MSt) considerando los atributos de la vegetación y del suelo. El matorral subtropical presenta disminución en la cobertura y riqueza con valores de 166.98 a 85.3 m^2, y de, 17 a 10, respectivamente. Sin embargo, indicadores físicos del suelo reflejan una alteración moderada ya que se dan ligeros cambio en la estabilidad estructural de moderada a baja, a la vez el contenido de carbono orgánico alto (>10 g/kg, C/N entre 10-20) valores indicativos de la dinámica favorable de la mineralización-humificación. La reacción del suelo al variar de ligeramente ácido a ligeramente básico, en general queda dentro del rango donde se favorece la biodisponibilidad de la mayoría de los nutrientes. En la SBC se da una alta pérdida de la cobertura y riqueza de especies (235.9 a 30.4 m^2, y de, 19 a 6, respectivamente), con alto contenido de carbono orgánico (hasta 46.8 g/kg) y alta C/N causando disminución de la tasa de mineralización de la materia orgánica. El sitio presenta una pérdida de estructuración cambiando de migajosa a subangular. Con este estudio se asume que la calidad de sitio disminuye en relación directa con la pérdida de cobertura y de riqueza de especies y con los procesos estructurales del suelo.

Palabras clave
Degradación, calidad, suelo-vegetación

Introducción

La relación suelo-vegetación tiene un papel importante en la restauración ecológica que debe de considerarse para asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido (SER 2004). Las relaciones funcionales entre ambos elementos son muy estrechas, en selvas secas se ha comprobado como la diversidad vegetal se asocia con la disponibilidad de nutrimentos (Huston 1980). Kurzmeier et al (2006) relacionan la productividad forestal en selvas con variables físicas y químicas dependientes del tipo de suelo. La relación entre ambos componentes es considerada como indicador de funcionalidad de los ecosistemas donde se considera la diversidad, riqueza y estructura vegetal, así como los procesos edáficos asociados a la edafodiversidad. Las SBC se caracterizan por presentar

estratos arbóreos menores a 15 m que pierden casi completamente las hojas durante la sequía, tienen alta diversidad y endemismo (Miranda y Hernández 1963). Se calcula que en la región del Bajío permanece sólo el 5 % de la SBC original, y la mayor parte se encuentra en etapas sucesionales (Dirzo 1992). En el estado de Querétaro la mayor alteración se vincula al impacto antrópico transformado la SBC en diferentes tipos de matorrales (Hernández 2007). El MSt se presenta en zonas donde antes hubo SBC, en la que por disturbios continuos se establecieron diferentes especies caducifolias y crasicaules (CONANP 2015). Debido a la importancia de su cobertura y funcionalidad ecosistémica este trabajo evalúa el grado de alteración de la SBC y el MSt, considerando como indicadores de calidad la estructura de la vegetación y algunas características físicas y químicas del suelo.

Materiales y Métodos

Los sitios de estudio se ubican al norte del municipio de Santiago de Querétaro. Se localizan en las coordenadas UTM 14Q x=0349336; y=2290031, altitud 1953 msnm (S1) y x=0352942 y=2286913, altitud 1916 msnm (S2). Se encuentran dentro de la subprovincia de Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo, dentro de la Faja Volcánica Trasmexicana, en las microcuencas Santa Rosa Jáuregui y Santa Cruz, pertenecen a la RH Lerma-Santiago. El material parental son andesitas y basaltos del Plioceno-Cuaternario, tobas ácidas del Terciario superior (CONANP 2014). Las geoformas dominantes del paisaje volcánico son mesetas y valles orientadas hacia el sur. Los suelos que se desarrollan en la zona son Vertisol pélico, Leptosol y Feozem háplico (CONANP 2014). El clima es semiseco templado a semiseco semicálido BS_1K- BS_1h (Hernández-Oria, 2007) con tma de 17.3 °C y ppma de 553 mm. Los tipos de vegetación dominantes son la SBC y MSt (CONANP 2014). Los sitios de estudio presentan diferentes grados de alteración asociados con la cobertura vegetal y la riqueza de especies, por lo que fue un criterio para su delimitación. Los polígonos de referencia de menor degradación (P1) presentaron mayor cobertura y riqueza vegetal, en tanto que la menor cobertura fue el de mayor degradación (P2 y P3). Los indicadores edáficos de degradación fueron la profundidad y las características estructurales. Cada sitio se caracterizó con un perfil y se consideró su morfología (Siebe et al. 2006) y sus propiedades físicas y químicas, analizadas de acuerdo con el manual ISRIC (2002). Se valoró el pH (1:2.5, H_2O y KCl, 1*M*), conductividad eléctrica (C.E; 1:2.5 en H_2O), el contenido de carbono orgánico (CO), contenido de nitrógeno (Nt) y la relación C/N. Además se determinó textura, estructura, estabilidad estructural y color del suelo (Munsell, 2000, Siebe et al. 2006). El análisis de vegetación se realizó en un transecto de 50 x 1 m, en el sitio 1, y en un cuadrante de 10 x 10 m para el sitio 2, y se obtuvo la cobertura y estructura de la comunidad vegetal.

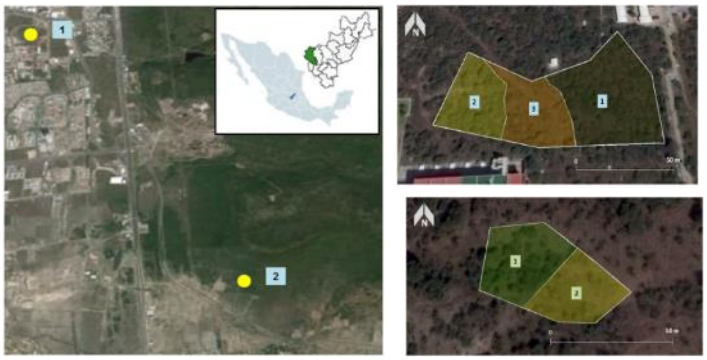


Figura 1. Ubicación de los sitios de estudio en el matorral subtropical (S1) y la selva baja caducifolia (S2), con diferentes grados de degradación. P1) polígono de referencia, P2) alto grado de degradación, P3 moderado grado de degradación.

Resultados y Discusión

Cuadro 1. Resumen de la morfología de los perfiles de suelo en los dos tipos de vegetación.

Prof cm	Color		Textura	Estructura tipo/clase/grado/estabilidad	Raíces finas (%)	Pedregosidad (%)
	seco	Húmedo				
S1P1, zona cumbral, lomeríos bajos con matorral subtropical						
0-8	7.5YR 2/0 negro	7.5YR 2/0 negro	CL	M/MG/F/B	50	-
8-29	7.5YR 2/0 negro	7.5YR 2/0 negro	CL	M/MG/F/MD	20	10
29-48	7.5YR 2/0 negro	7.5YR 2/0 negro	CR	M/MG/F/B	10	30
S1P2						
0-10	5YR 2.5/1 negro	10YR 2/1 negro	CR	M/MG/F/MD	40	-
10-19	10YR 3/1 gris muy oscuro	7.5YR 2/0 negro	CRA	GR/MG/F/B	0	30
S1P3						
0-6	5YR 2.5 /1 negro	10YR 2/1 negro	CL	M/MG/F/MA	60	5
6-13	7.5YR 2/0 negro	7.5YR 2/0 negro	FRA	M/MG/F/MD	40	20
13-23	7.5YR 2/0 negro	7.5YR 2/0 negro	FRA	M/MG/F/MA	10	40
S2P1, Pie de monte, lomeríos medios con selva baja caducifolia						
0-7	10R3/4 rojo oscuro	10 R 2.5/1 negro rojizo	FA	BSA/G/MD/MA	65	40
7-27	10 R 4/4 rojo claro	10 R 3/3 rojo oscuro	FLf	GR/G/MD/A	40	55
27-35	10 R 4/3 rojo claro	10 R 2.5/2 rojo muy oscuro	FRA	GR/G/MD/B	50	50
S2P2						
0-12	10 YR 4/4 pardo amarillento oscuro	10 YR 3/4 pardo amarillento oscuro	FRA	BSA/G/MD/MA	60	25
12-30/32	10 YR 4/3 pardo oscuro	7.5 YR 3/4 pardo oscuro	FA	GR/MG/D/ MD	30	35
30/32-50/51	10 YR 6/2 gris parduzco claro	10 YR 4/3 pardo oscuro	FRA	BSA/G/MD/MD	-	-

La caracterización del suelo (Cuadro 1 al 3) del S1 evidencia que la profundidad del suelo fluctúa de 48 (S1P1) a 19 cm (S1P2), con alto contenido de raíces finas cuyo límite está dado por el material parental. La estructura dominante es migajosa (S1P1 y S1P2) a granular (S1P2) bien desarrollados y estabilidad de baja a moderada (S1P1 y S1P2) con incremento en la estabilidad en S1P3. Esta estructuración se asocia a alta porosidad relacionada con su contenido de materia orgánica, aunque los cambios en la estabilidad estructural puede asociarse a su contenido de sustancias húmicas poco polimerizadas y al contenido de sustancias no húmicas (Porta et al. 2008). Los suelos tienen alto contenido de CO, sobre todo en S1P1 y S1P3, con disminución en S1P, proceso que se refleja en la intensidad de la coloración oscura (Munsell 2000). La textura de los suelos es dominada por arcilla y limos (S1P2 y S1P3), lo que favorece la formación de agregados órgano-minerales y la estabilidad (Porta et al. 2008). El pH (S1P1 y S1P2) es ligeramente ácido a ligeramente básico (Siebe et al. 2006) con tendencia de acidificación en el horizonte superficial en S1P3, asociado la pérdida de bases (Porta et al. 2008, Siebe et al. 2006). La relación C/N indica buena dinámica de mineralización-humificación (S1P1 y S1P2) donde el contenido de nitrógeno, en tanto que los

valores ligeramente altos en S1P3, muestran una inmovilización del C. El S2 evidenció profundidad del suelo media de 51 (S2P2) y 35 cm (S2P2), con horizontes bien definidos, con mayor desarrollo del suelo ya que no se presentan limitaciones por el material parental. La estructura varía de bloques subangulares a granular con un moderado grado de desarrollo y de estabilidad estructural de alta a baja que se puede asociar a la mayor actividad de fracciones minerales que orgánicas (Porta et al. 2008). El contenido de CO y la C/N alta indican que son suelos ricos en C y pobres en N, que sugiere inmovilización de C. El pH es ligeramente ácido en S2P1 a moderadamente básico, asociado a la acumulación de bases, debido a la entrada de materiales coluviales provenientes de la parte alta de la ladera.

Cuadro 2. Propiedades químicas del suelo del MSt

Profundidad (cm)	pH 1:2.5 H_2O	pH 1:2.5 KCl	CE (1:**2.5**) µS m^{-1}	C g/kg	N g/kg	C/N
S1P1 - Zona cumbral de lomeríos bajos con matorral subtropical						
0-8	6.9	6.3	265.0	72.8	4.9	14.9
8-29	7.8	6.6	259.0	69.6	4.9	14.2
29-48	7.6	6.6	331.0	57.9	3.5	16.6
S1P2						
0-10	6.7	6.2	173.0	54.6	2.7	20.5
10-19	7.0	6.8	294.0	46.8	2.1	22.3
S1P3						
0-6	5.6	5.5	195.0	81.9	5.0	16.2
6-13	6.9	6.2	153.0	50.7	3.22	15.7
13-23	6.9	6.5	136.0	54.6	2.8	19.5

Cuadro3. Propiedades químicas del suelo de la SBC

Profundidad (cm)	pH 1:2.5 H_2O	pH 1:2.5 KCl	CE (1:**2.5**) µS m^{-1}	C g/kg	N g/kg	C/N
S2P1, Pie de monte de lomeríos medios con selva baja caducifolia						
0-7	6.6	5.4	39.5	103.4	3.2	32.1
7-27	5.7	5.4	41.4	42.6	1.1	37.9
27-35	5.8	5.6	38.7	23.1	2.2	10.3
S2P2						
0-12	7.8	6.3	47.0	46.8	0.83	56.34
12-30/32	42.9	0.7	61.3	8.0	6.5	91.0
30/32-50/51	-	-	-	8.3	6.7	141.0

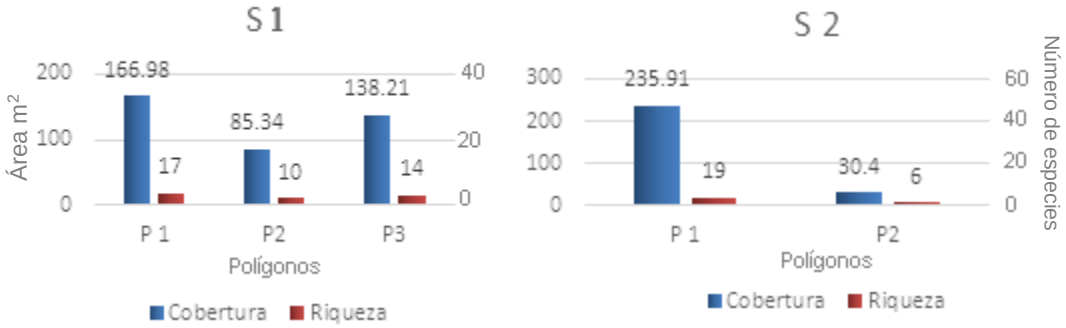


Figura 1. Análisis de cobertura y riqueza del matorral subtropical (S1) y selva baja caducifolia (S2).

La vegetación del S1 corresponde a un MSt. La mayor cobertura vegetal y riqueza de especies indican que el S1P1 es el menos alterado con respecto al S1P2 y S1P3 (Figura 1). Del mismo modo la cobertura y riqueza nos indican que el P2 es el más alterado. Los valores de cobertura en los tres polígonos sobrepasan los 50m^2 ya que las coberturas por individuo se traslapan. Esto nos habla de cierta estratificación vertical. La vegetación del S2 corresponde a una SBC, de acuerdo con la cobertura y riqueza se observa que el S2P1 presenta menor alteración respecto al S2P2. En el S2P1 existe un traslape de coberturas por individuos que duplica el área de muestreo, lo que indica estratificación de la vegetación. En cuanto al S2P2 la cobertura total es menor al área de muestreo, lo que indica que gran parte de la superficie está desprovista de vegetación arbórea y/o arbustiva, presentando mayor área cubierta por gramíneas (Figura 1).

Conclusiones

Los resultados obtenidos apoyan la hipótesis de que en sitios con mejor estructura vegetal, los suelos presentan propiedades morfológicas y químicas que indican mayor calidad en las dos comunidades vegetales y edafogénesis propias del sitio. El S1 es considerados como MSt donde la cobertura y riqueza de especies se relaciona con las características edáficas ya que se mantiene en los diferentes grados de perturbación la estructura y las propiedades químicas a pesar de la disminución de la cobertura y riqueza de especies . El S2 considerado como SBC se observa un cambio en la estructura y de su estabilidad junto con un incremento de pH con el aumento del grado de alteración, este proceso se asocia con la disminución de cobertura y riqueza de especies en el sitio más alterado.

Bibliografía

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2014. Estudio Previo Justificativo para el establecimiento del área natural protegida de competencia de la Federación con la categoría de Área de Protección de Recursos Naturales, ubicada en el estado de Querétaro, 156 páginas, incluyendo 6 anexos.

Dirzo, R. 1992. Diversidad Florística y Estado de Conservación de las Selvas Tropicales de México. *En*: Sarukhán y Dirzo (Eds.). México ante los retos de la Biodiversidad. 283-290. CONABIO, México.

Hernández-Oria J. G. 2007. Desaparición del bosque seco en El Bajío mexicano: Implicaciones del ensamblaje de especies y grupos funcionales en la dinámica de una vegetación amenazada. Zonas áridas 11(1): 31

Huston, M. 1980. Soil nutrients and tree species richness in Costa Rica forest. Journal of Journal of biogeography 7:147-157.

International Soil Reference and Information Centre (ISRIC). 2002. Procedures for soil analysis. Edited by Van Reevwijk L. P, (6th edition), The Netherlands.

Kurzmeier, S., Wiedenmann, T., Bibera, P., Schada, P., Krasilnikov, P. V. 2012. Effects of Edaphic Factors on the Tree Stand Diversity in a Tropical Forest of Sierra Madre del Sur, Mexico. Eurasian Soil Science. 45(8): 740-751.

Miranda, F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Bol. Soc. Bot. México 28: 29-179.

Munsell Soil Colors Charts. 2000. Revised washable edition. Munsell Color, New York.

Porta J., López-Avecedo M. y Poch R. M. 2008. Introducción a la edafología: uso y protección del suelo. Ediciones mundiprensa. España 109, 131-137.

Siebe Christina, Jahn Reinhold, Stahr Karl. 2006. Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en campo. Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México.

SER (SocietyforEcologicalRestorationInternationalScience&PolicyWork- ing Group. 2004. The SER International Primer on Ecological Resto- ration (available from http//www.ser.org) accessed in July 2005. Society for Ecological Restoration International, Tucson, Arizona.

ANÁLISIS DE INVERSION PARA LA CONSERVACION DE SUELO Y AGUA EN PUEBLA

Villa-Montes, I[1*]; Martínez-Menez, MR[2]; Guzmán-Luna, J R[3]

[1] **Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México. México.**
[2] **Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México. México.**
[3] **Colegio Mexicano de Especialistas en Recursos Naturales A.C. Texcoco, Estado de México. México.**

*Autor responsable: villa.isabel@colpos.mx; km 35.5 carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, estado de México, México. CP 56230; Tel. +52 (595 95 20200) ext. 1213.

Resumen

Para atenuar la degradación de suelos y escasez de agua en el estado de Puebla se han realizado inversiones para la implementación de obras y prácticas de conservación de suelo y agua, principalmente en las regiones Mixteca y Tehuacán-Sierra Negra. Para conocer la tendencia de las inversiones se analizaron dos programas de conservación de suelos (PIASRE y COUSSA) en el periodo 2004-2009. Las acciones de conservación se agruparon por tipos de obras y prácticas (prácticas vegetativas y agronómicas, obras para la conservación y retención de suelo, obra principal para captación y almacenamiento de agua, obras complementarias a la obra principal, obras y prácticas para el aprovechamiento del agua y rehabilitación de obras) y se diseñó un sistema de gestión de información para la toma de decisiones (SIE). Las inversiones se analizaron por tipo acción y se encontró que el 59.1% se destinó a obras de aprovechamiento de agua y sus obras y estructuras complementarias y el 24% para obras de conservación y retención del suelos lo que indica que la orientación de los programas se enfocó a la captación del agua, ya que las inversiones en obras de conservación del suelos estuvieron orientadas al control de azolves para proteger las obras de almacenamiento del agua.

Palabras clave

Conservación de suelo y agua; Orientación de inversiones

Introducción

Desde la época prehispánica las regiones Mixteca y Tehuacán-Sierra Negra han presentado problemas de degradación de suelos, causada por la actividad agrícola (McAuliffe, 2000) o ganadera (Barrera, 1996) y escasez de agua, por ello en esas épocas se implementaron obras y prácticas de conservación (Garciadiego y Herrerías, 2004). SEMARNAT-COLPOS (2002) indica que en el estado de Puebla, la erosión hídrica es del 10.06% y la mayor parte se presenta en la región Mixteca y Tehuacán-Sierra Negra producto de cambios en el uso del suelo, uso irracional de la vegetación y las prácticas de manejo de los suelos, por lo que aunado a la escasez de lluvia y a un mal aprovechamiento de las aguas superficiales, estas regiones se han identificado como prioritarias.

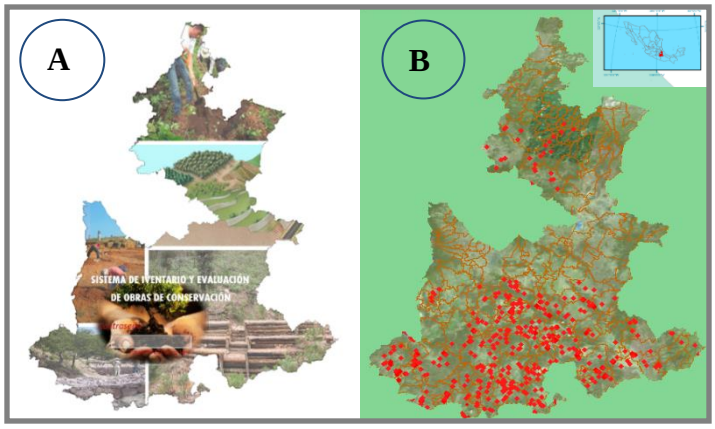
Ante esta problemática, el gobierno federal a través de la SAGARPA implementó el Programa de Inversión en Apoyo a Zonas con Siniestros Recurrentes (PIASRE) del 2004 y hasta 2007; destinados a apoyar zonas con problemas de siniestros por sequía. A partir del

2008, el PIASRE se convirtió en los componentes de Conservación y Uso Sustentable del Suelo y Agua (COUSSA) y COUSSA PESA (Programa Estratégico de Seguridad Alimentaria). Ambos programas orientados a implementar acciones de infraestructura para la captación de agua de lluvia y aprovechamiento de escurrimientos superficiales, de obras y prácticas de conservación del suelo y agua a nivel estatal, con el objeto de que la población aprovechara el suelo y agua, en apoyo a sus actividades productivas de acuerdo a la demanda de los productores.

En 2001 se estableció que todos los programas con subsidio federal deberían ser evaluados por agentes externos a fin de cuantificar sus resultados (Cotler et al, 2007). El PIASRE (2004-2007) a nivel nacional (FAO, 2008) y COUSSA a nivel estatal (Benítez, 2011) fueron evaluados con el cumplimiento de metas físicas y financieras, pero no se analizó la orientación de las inversiones de acuerdo con el objetivo de conservar el suelo y agua y menos aún la eficiencia de las acciones para alcanzar los objetivos. En esta investigación se realizó un análisis de las inversiones por tipo de programa y por acciones, para definir la orientación de las inversiones a fin de establecer un sistemas de gestión de información de obras y prácticas realizadas, que tome en cuenta su distribución espacial y temporal y que sirva como base para la evaluación de la eficiencia técnica y económica de las mismas.

Materiales y Métodos

El estado de Puebla se localiza entre las coordenadas geográficas extremas: al norte 20º 50', al sur 17º 52' de latitud Norte; al este 96º 43' y al oeste 99º 04' de longitud oeste y colinda con los estados de Hidalgo, Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Morelos, México y Tlaxcala (Figura 1).



A.Interfaz del sistema de gestión de información SIE, B.Ubicación de los proyectos de PIASRE-COUSSA 2004-2009, SIE.

Figura 1. Localización de los proyectos PIASRE-COUSSA 2004-2009.

Se integró una base de datos de obras y prácticas ejecutadas con el PIASRE 2004-2007 y COUSSA (Concurrencia o PESA) 2008-2009. Se agruparon en seis categorías los 44 tipos de obras y prácticas de conservación de suelo y agua (CSA) identificados en los dos programas (C1. Prácticas vegetativas y agronómicas, C2. Obras para la conservación y retención de suelo, C3, Obra principal para captación y almacenamiento de agua, C4. Obras complementarias a la obra principal, C5. Obras y prácticas para el aprovechamiento del agua y C6. Rehabilitación de obras), para facilitar el análisis de inversiones, asimismo, la base de datos relacional (SQLite)

se integró en un gestor de información (Figura 1), programado con el software Microsoft Visual Studio; a través de programación orientada a objetos (Ceballos, 2007).

Resultados y Discusión

Los trabajos de CSA en el estado de Puebla (2004-2009) fueron 477 proyectos, que consideraron 5,503 acciones, con una inversión de 383.8 millones de pesos y un monto promedio de $75,954.00 por acción (Cuadro 1). PIASRE apoyó el 54.2% de los proyectos, el 40.8% de las acciones y el 32.73% de inversiones, con un monto promedio anual de 31.4 millones de pesos privilegiando con 47.6% a C3 y C4, y el 44% a C1 y C2. COUSSA apoyó en dos años el 28.6% de los proyectos, el 45.16% de las acciones, el 41.38% del presupuesto ejercido con una inversión promedio anual de 129 millones de pesos destinando el 65.3% de las inversiones en C3 y C4, y el 32.8% en C1 y C2. Ambos programas orientaron sus inversiones en un 37% para acciones de conservación de suelos y un 59% en obras de infraestructura para el manejo del agua. Esto indica que la estrategia del PIASRE para apoyar las zonas con siniestros recurrentes estaba balanceada entre la conservación del suelo y agua, sin embargo; con el programa de COUSSA, las acciones se orientaron más a obras de almacenamiento de agua que a la conservación de suelos, en apoyo de la producción primaria como es su objetivo principal (Cuadro 1).

Cuadro 1. Inversión realizada por categoría de obras o prácticas, por programa y por año.

Categoría	PIASRE*						COUSSA*		COUSSA PESA*				TOTAL*	%
	2004	2005	2006	2007	Subtotal	%	2008	2009	2008	2009	Subtotal	%		
C1	3.9	0	8.8	6.2	18.9	15.0	8.7	11.7	5.7	4.4	30.5	11.8	49.4	13
C2	8.2	8.2	14.2	5.9	36.5	29.0	17.6	13.1	19.1	4.4	54.2	21.0	90.7	24
C3	13.3	25.8	10.4	5.4	54.9	43.7	25.5	23.4	32.9	13.8	95.6	37.0	150.5	39
C4	0	0	0.1	4.8	4.9	3.9	26.3	10.4	18.6	17.7	73.0	28.3	77.9	20
C5	6.1	0.3	2.5	1	9.9	7.9	2.1	0.6	2.3	0.1	5.1	2.0	14.9	3.9
C6	0.6	0	0	0	0.6	0.5	0	0	0	0	0.0	0.0	0.6	0.1
TOTAL	32	34.2	36.1	23.3	125.7	100.0	80.2	59.2	78.6	40.3	258.4	100.0	383.9	100

*Millones de pesos

En las categorías C3 y C4 se invirtió 228 millones de pesos, destinando el 66% a las obras principales y el 36% en obras complementarias. En C3 la mayor inversión se destinó a bordos de cortina de tierra (43%) y pequeñas presas de mampostería (51%). Las presas de cortina de tierra compactada tuvieron una inversión media de $275,536/bordo, con una capacidad de almacenamiento promedio de 16,494 m^3/bordo y un costo de $16.79/$m^3$ de agua captada, las presas de mampostería tuvieron un volumen medio captado de 5,860 m^3 a un costo promedio de 31.70/m^3 (Cuadro 2). Con el análisis de los proyectos de COUSSA 2008 se encontró que el bordo de tierra compactada tuvo costos de construcción que variaron de $31 a $353/$m^3$ y $527 a $2,456/$m^3$ en presas de mampostería. Los costos de agua almacenada variaron de $7.25 a $109.39/$m^3$ en bordos de tierra y de $19.51 a $254.56/$m^3$ en presas de mampostería, lo que indica que es más barato captar un metro cúbico de agua con bordos de tierra que con presas de mampostería, debido a las diferencias en costos de los materiales y las secciones transversales donde se ubican las boquillas de las presas.

En la categoría C4 se privilegió la inversión en tanques de depósito y la adquisición e instalación de tubería para distribuir el agua captada (61%), orientando los apoyos al aprovechamiento del agua para uso doméstico y producción de alimentos en pequeña escala. Además, se identificó la construcción de 149 bebederos, que sugiere que el 30% de las obras de almacenamiento apoyaron la ganadería regional.

Cuadro 2. Distribución de recursos por tipo de obra con mayor porcentaje de inversión e impactos obtenidos (2004-2009).

Categoría	Apertura Programática	Obras o acciones	Montos de inversión *	% de inversión	UM	Impacto
C3. Obra principal	Presas derivadoras, Pozos de absorción, Galerías filtrantes, Pozos tipo noria, Ollas de agua o Aljibes y Cajas de Captación	132	9.3	6.2	m^3	370,391.7
	Bordo de cortina de tierra compactada	233	64.2	42.7	m^3	3,843,144.7
	Pequeñas presas de mampostería	415	77.1	51.2	m^3	2,432,149.4
	Subtotal	**780**	**150.5**	**65.9**		**6,645,650.6**
C4. Obras complementarias	Tanques, o Depósitos	719	23.4	30.0	Obra	13,322
	Bebederos pecuarios	149	8.7	11.2	Obra	149
	Geomembrana	9	2	2.6	m2	17,163
	Caminos saca cosecha	101	4.9	6.2	Km	113
	Adquisición e instalación de líneas de conducción	194	24.4	31.3	m	152,939.6
	Vertedor de demasías, Desarenadores, Obras de toma, Malla ciclónica, Canales de llamada	409	14.5	18.7	Obra	790
	Subtotal	**1,581**	**77.8**	**34**		
	Total	**2,361**	**228.3**	**100**		

*Millones de pesos

En las categorías C1 y C2 se invirtió 140.1 millones de pesos, destinando el 64% a las obras de conservación de suelo y el 36% en prácticas vegetativas. Destaca que en C2 se privilegió con el 73% las presas de control de azolves y el 19% a los cercados de áreas de exclusión y sólo el 3% de la inversión se destinó a la construcción de terrazas. Lo cual indica que las acciones de conservación de suelo realizadas apoyaron el almacenamiento de agua, más que a mejorar la calidad del suelo en apoyo a las actividades productivas o al incremento de rentabilidad de los sistemas de producción (Cuadro 3).

Se construyeron 1,376 presas de control de azolves, con un promedio anual 172 presas y con una inversión promedio de 48.7 mil pesos/obra, que varío de un mil a más de 103 mil pesos/ha dependiendo del material utilizado, en contraste, se establecieron 143 ha de terrazas para la conservación de suelos, con una inversión promedio de más de 19 mil pesos/ha, considerando terrazas de formación sucesiva y banco, con costos que variaron de 9 a más de 37 mil pesos/ha. Las prácticas vegetativas estuvieron orientadas a la adquisición de planta nativas y perennes para reforestación de áreas degradadas, con inversiones de 26 a 32 mil pesos/ha, sin embargo; en apoyo a actividades productivas (ganaderas y frutícolas) se invirtió solamente 13 mil pesos/ha, lo que indica que las inversiones estuvieron más orientadas a proteger la obra de infraestructura que a apoyar la producción primaria.

Finalmente, en el SIE se tiene referencia de la ubicación espacial y temporal de los proyectos y obras de conservación en el estado de Puebla, para su consulta y con éste se obtiene información para la toma de decisiones, como el establecimiento de nuevas obras, el monto de inversión en determinada localidad o municipio, la frecuencia de apoyo en localidades o municipios, etc. Las características específicas de las obras y/o prácticas recabadas en campo.

Cuadro 3. Distribución de recursos por tipo de obra y práctica de conservación de suelos e impactos (2004-2009).

Categoría	Apertura Programática	Obras o acciones	Montos de inversión *	% de inversión	UM	Impacto
C1. Prácticas vegetativas	Adquisición de Planta y Reforestación con especies nativas	339	34.7	70.26	ha	1,058.40
	Adquisición y Plantación de especies Perennes en sustitución de cultivos anuales	112	10.8	21.96	ha	401.7
	Adquisición se semilla pastos, planta para frutales o perenes	55	3.8	7.78	ha	281.3
	Subtotal	**506**	**49.4**	**35.3**		**1,741.40**
C2. Obras conservación de suelos	Estructuras para el cabeceo de cárcavas	139	1	1.07	ha	274.2
	Presas filtrantes de gaviones, Presas filtrantes de piedra acomodada y Presas filtrantes de troncos o ramas	1376	67.1	73.94	Obra	1376
	Terrazas, Terrazas de base ancha y Terrazas de base angosta o formación sucesiva	39	2.9	3.18	ha	147.3
	Muro de contención	6	2.1	2.33	Obra	6
	Cercado para el establecimiento de áreas de exclusión	221	17.7	19.49	ha	1,196
	Subtotal	**1,781**	**90.7**	**64.7**		
	Total	**2,287**	**140.1**	**100**		

*Millones de pesos

Conclusiones

Las mayores inversiones de CSA fueron para obras de aprovechamiento de agua y sus estructuras complementarias. Las inversiones en prácticas vegetativas y obras de conservación de suelos estuvieron orientadas a la reforestación de áreas degradadas y al control de azolves que llegan a las obras de infraestructura hidráulica; se destinó una mínima inversión a la conservación y mejoramiento de suelos para apoyo de la producción primaria.

Las inversiones por tipo de acción tiene un alta variación y los impactos tanto por superficie y costos por m^3 de agua almacenada, son muy variables lo cual sugiere que sus indicadores de rentabilidad e indicadores del programa son de bajo impacto y cumplen parcialmente con el objetivo de apoyar la producción primaria.

La estructuración y ordenamiento de la información en un sistema de gestión de información permite realizar análisis que contribuye a sustentar la toma de decisiones para el seguimiento y orientación de las estrategias de inversión en conservación del suelo y agua.

Agradecimientos

A la Secretaria de Desarrollo Rural ahora Secretaria de Desarrollo Rural y Ordenamiento Territorial del estado de Puebla por proporcionar información para este trabajo.

Bibliografía

Barrera B. N. 1996. Los orígenes de la ganadería en México. Ciencia UNAM. Núm. 44 www.ejournal.unam.mx/cns/no44/CNS04404.pdf (Consulta: 01 de abril 2015).

Benítez De la T. A. 2011. Evaluación Externa Específica de Desempeño de los programas en Coejercicio 2010. http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/puebla/Documents/DocuEvalUsoSustentable_Primaria.pdf. MGZ CONSULTORES S.C (Consulta: 25 de bril de 2015).

Ceballos J. F. 2007. Enciclopedia de Microsoft, Visual C#.2ª edición. Ed. Alfaomega. México. 402 pp.

Cotler H., Sotelo E., Domínguez J., Zorrilla M., Cortina S., Quiñones L. 2007. La conservación de suelos: un asunto de interés público. Instituto Nacional de ecología, México. Gaceta ecológica 83:5-71.

FAO. 2008. Evaluación Final PIASRE 2007. http://www.sagarpa.gob.mx/programas2/evaluacionesExternas/Lists/Evaluaciones%20de%20Consistencia%20y%20Resultados%202007/Attachments/5/PIASRE_2007.pdf. (Consulta: 25 de bril de 2015).

Garciadiego H. R., Herrerías G. G. 2004. Evolución de la tecnología hidro-agro-ecológica mesoamericana desde su origen prehistórico. Alternativas y procesos de Participación Social A.C. Tehuacán Pue. México. www.alternativas.org.mx/Evolucion%20de%20la%20tecnologia.pdf (Consulta: 25 de octubre de 2014).

Joseph R. McAuliffe, Peter C. Sundt, Alfonso Valiente-Banuet, Alejandro Casas and Juan Luis Viveros (2001). Pre-columbian soil erosion, persistent ecological changes, and collapse of a subsistence agricultural economy in the semi-arid Tehuacan Valley, Mexico's "Cradle of Maize". Journal of Arid Environments (2001) 47: 47–75.

TIPOS DE SUELO MANEJADOS CON EL SISTEMA DE LABRANZA DE CONSERVACIÓN, EN MÉXICO

Villa-Montes, I[1*]; Gutiérrez-Castorena, M del C[2]

[1] **Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México. México.**
[2] **Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México. México.**

*Autor responsable: villa.isabel@colpos.mx; km 35.5 carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, estado de México, México. CP 56230; Tel. +52(595 95 20200 ext 1227

Resumen

La labranza de conservación (LC) es un sistema de manejo ampliamente difundido en la actualidad a nivel internacional por sus efectos positivos en el suelo; sin embargo, es necesario tomar en consideración las características regionales, ambientales y condiciones socioeconómicas para que se pueda implementar. En México, este tipo de labranza se ha llevado a cabo desde los años 70s. Una revisión de literatura se hizo sobre labranza de conservación en investigaciones realizadas en México en los últimos cuarenta años, para analizar su impacto y sus limitaciones. En los estudios, del periodo 1997-2015, se encontró que no se otorga importancia conocer el tipo de suelo con el cual se trabaja y la textura es la propiedad que más se reporta. El sistema de LC se ha implementado en: Fluvisoles, Cambisoles, Andosoles, Faeozems, Castañozems, Luvisoles, Regosoles (Entisol, Taxonomía), Acrisoles, con resultados favorables comparado con la labranza convencional. Sin embargo, en Gipsisoles, Solonchaks, Planosoles y Calcisoles (de zonas áridas) no se ha tenido buenos resultados. Los Vertisoles es donde más se está llevando a cabo LC; no obstante, aunque en rendimiento se evalúa mejor que labranza tradicional (LT), se pone en duda la efectividad del sistema para modificar las características físicas del suelo.

Palabras clave

Tipos de suelos, Labranza de conservación

Introducción

La degradación del suelo es un problema ambiental complejo que afecta la seguridad alimentaria, la disponibilidad de agua, la capacidad para adaptarse y mitigar el cambio climático y la conservación de la biodiversidad (Bouma y McBratney, 2013, McBratney *et al*., 2013). Este se refiere a los procesos inducidos por la sociedad que disminuyen la capacidad actual y futura del suelo para sostener la vida humana (Oldeman 1988; Warren, 2002).

Tomando como premisa que el manejo puede deteriorar, estabilizar o mejorar las funciones del ecosistema del suelo (Franzluebbers, 2002) y que es un factor que afecta en 50-55%, al rendimiento de los cultivos (Jacobsen *et al.,* 2013), a finales del siglo pasado se cuestionó el manejo con agricultura intensiva, por los efectos que tiene sobre la degradación del suelo (Franzen *et al.,* 1994). Por ello, se buscó detener y revertir los efectos adversos mediante el desarrollo de tecnologías alternativas, pero que permitieran seguir produciendo e incluso

incrementando la producción en un marco de conservación de suelo y agua (Ramírez, 2006). Uno de los sistemas alternativos es la labranza de conservación, que tiene como características principales: dejar en la capa superficial como mínimo 30% de los residuos de cosecha (Erenstein, 1997), mínimo uso o no uso de maquinaria para el laboreo y rotación de cultivos (Govaerts *et al.,* 2009).

Diferentes estudios se han realizado donde se reporta que la labranza de conservación influye positivamente en las propiedades físicas y químicas del suelo (MO, Dap, estabilidad de agregados, infiltración, temperatura, textura, etc.) (Amezketa, 1999), que incrementan los rendimientos (Ozpinar, 2011; Navarro *et al.,* 2008). La fijación de carbono orgánico para combatir el cambio climático es otra propiedad que en últimas fechas se ha estudiado con relación al sistema (Six, 2004; Hajjar *et al.,* 2008). Sin embargo, Giller *et al.* (2009) mencionan que la adopción de este tipo de labranza no siempre es posible, por la limitada disponibilidad de residuos, incremento en la mano de obra para controlar la maleza, y mayor fertilización y compactación, en algunos tipos de suelos.

En nuestro país, Martínez (2000) indica que la labranza de conservación no se pudo masificar principalmente por el desconocimiento de muchos elementos técnicos y de operación del sistema, y recomendó atender las características de la región, como el clima y el tipo de suelo. Además, el manejo debe ser adaptado a los recursos y condiciones socioeconómicas regionales (Connor y Mínguez, 2012). Actualmente, LC está siendo promovida por varias instituciones públicas y privadas en nuestro país, no solo para incrementar los rendimientos de los cultivos sino también para su conservación. No obstante, esta práctica no es nueva y se requiere un análisis de todas las investigaciones llevadas a cabo para conocer sus alcances y limitaciones, en un país que se caracteriza por una gran heterogeneidad en tipos de suelos, ambientes y condiciones socioeconómicas.

Por lo tanto, en el presente trabajo se realizó una revisión sobre los suelos manejados con labranza de conservación en México, los tipos de suelos y cultivos, y los efectos en las propiedades físicas del suelo y en rendimiento.

Materiales y Métodos

Un conjunto de datos de estudios se compiló sobre labranza de conservación a partir de una revisión de literatura científica (1997-2015), e incluyó también la revisión de estudios y ensayos (Figueroa y Morales, 1999). Los estudios se seleccionaron a partir del cumplimiento de los siguientes requisitos: (i) estudios en los que se evaluaron efectos de la labranza de conservación, y (ii) que el estudio se haya efectuado en México. Los datos se agruparon en una tabla que contienen los siguientes campos: localización, tipo de suelo, cultivo, duración, (labranza tradicional-labranza de conservación) y referencia.

Resultados y Discusión

La labranza de conservación en México ha tenido diferentes etapas. En los 80`s hubo una inversión importante e instalación de parcelas demostrativas y experimentos (Figueroa y Morales, 1999); sin embargo, no tuvo los resultados de adopción esperados. A pesar de ello, en años recientes se ha reiniciado la promoción del sistema de labranza de conservación por entidades gubernamentales y no gubernamentales. El Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT), la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (Saldaña, 2012) son las instituciones más activas.

Cuadro 1. Resumen de los datos de los estudios utilizados en el análisis de tipos de suelo en los que se implementa labranza de conservación.

Localización	Tipo de suelo		Textura	Tiempo de labranza	Año (estudio)	Cultivos	Variables	Tipo de estudio	Resultado	Fuente
	WRB	Taxonomía								
Montecillos, Texcoco, Estado de México		Typic Ustifluvent	Migajón Limoso-Franco	5	1997	Trigo	Clasificación de suelo, estructura, porosidad, estabilidad de agregados, MO y retención de humedad, Dap	Comparación LT y LC	Mejor características físicas (estructura, porosidad, estabilidad de agregados, MO y retención de humedad) LC, No en Dap	Gutiérrez *et al.* (1999)
Chapingo, Texcoco, Estado de México			Franco arenoso	3	1996	Maíz	MO, rendimiento y cantidad de lombrices	Comparación LT y LC	Mayor rendimiento en LC, mayor requerimiento de N y P, Mayor cantidad de lombrices, Mayor contenido de MO.	Galeana *et al.* (1999)
Calera V. R., Zacatecas				5	2001	Frijol	Densidad y distribución de malezas, rendimiento	Comparación LT y LC	LC no diferencias en maleza, No diferencia rendimiento	Amador y Escobedo (2004)
Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí	Castaño zem cálcico		Arcillosa	5	2001	Maíz-Avena forrajera	Dap, rendimiento, MO, infiltración	Comparación LT y LC	Diferencia en retención de humedad, Dap, MO, rendimiento	Martínez y Jasso (2005)
SIGA-ITA,ejido de Ana Torreón Cohahuila	Gipsisol Háplico y calcárico		Migajón arcilloso	1	2003	Maíz forrajero	La humedad de campo del suelo (HC), Compactación y rendimiento	Comparación LT y LC	LC mayor rendimiento	López *et al*. (2006)
Valle de Santiago, Guanajuato	Vertisol districo		Arcillosa	11	2000	Trigo	Dap, MO, humedad, porosidad, pH, contenido de nitrógeno, contenido de fosforo	Comparación LT y LC	Mejores características LC 0-10 cm rendimiento cercano a LT	Ramírez *et al.* (2006)

"Villadiego" (FIRA) Valle de Santiago Guanajuato		Typic Haplustert	Arcillosa	9	2003	Maíz, cebada	Carbono orgánico, Dap	Comparación LT y CL	Diferencia entre LC y LT en COS pero no en Dap	García *et al.* (2006)
Tapachula, Chiapas			Franco arenoso	2	2008	Maíz	Dap, MO, humedad, rendimiento	Comparación LT, LM y LC	No hay diferencia significativa	Alonso y Aguirre, (2011)
Tuxtla Chico, Chiapas			Franco arcilloso	2	2008	Maíz	Dap, MO, humedad, rendimiento	Comparación LT, LM y LC	No hay diferencia significativa	Alonso y Aguirre (2011)
Frontera Hidalgo, Chiapas			Franco limoso	2	2008	Maíz	Dap, MO, humedad, rendimiento	Comparación LT, LM y LC	No hay diferencia significativa	Alonso y Aguirre, (2011)
Sta. Isabel de Ajuno, Michoacán	Andosol mollico		Migajón Arenoso	4	2004	Maíz	Dap, MO, humedad,	Comparación LT y LC	No hay diferencia significativa por el corto tiempo	Muños *et al.* (2011)
Buenavista, Saltillo, Coahuila			Franco arcilloso	2	2012	Avena forrajera	Dap, resistencia a la penetración,	Comparación LT, LV y LC	Diferencia en retención de humedad y Dap	Demuner *et al.* (2013)
Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México	Vertisol pélico		Franco arcillosa	1	2010	Avena	Rendimiento de forraje y materia seca	Comparación LT y LC	Mejores resultados con LT	Gil *et al.* (2014)
El Batan Estasion experimental del CIMMYT	Faeozem	Thermic Cumulic Halplustoll		14	2003	Maíz-Trigo	CO, Nitrógeno total, humedad, estabilidad de agregados, resistencia mecánica, pH y la CE	Comparación LT y LC	Mejores resultados con LC (rendimiento y propiedades físicas del suelo) que en LT	Fuentes *et al.* (2009)
Tamaulipas, Mèxico		Typic Calciustept		60	2014	Sorgo	Contenido de humedad,	Comparación LT	Mayor contenido de CO en LT secano que	Gutiérrez et al., (2015)

	s, Typic Dystrudepts	CIC,CO,MO,Dap.	temporal-riego, con y sin MO	en LT riego con incorporación de MO.

CE= Conductividad eléctrica, CO=Carbono orgánico, COS=Carbono orgánico del suelo, LC=Labranza de conservación, LT=Labranza tradicional, LM=Labranza mínima, MO=Materia orgánica, Dap=Densidad aparente

También están participando ONG`s y Universidades, las cuales a través de recursos federales desarrollan tecnologías y actividades de promoción para la labranza de conservación. Las estadísticas actuales señalan que 650,000 ha se encuentran bajo labranza de conservación. Dicha estimación se realizó con base en los apoyos otorgados por el gobierno para la adquisición de equipo y específicamente sembradoras; sin embargo, se ha encontrado que los agricultores utilizan éstas máquinas para el sistema de labranza tradicional (Saldaña, 2012).

Como resultado del análisis de estudios que se realizaron sobre labranza de conservación antes de 1992 se encontró que el mayor número se realizaron en Vertisoles (Figueroa y Morales, 1999). En este periodo, se observó que el resultado en rendimiento en diferentes cultivos, fue mayor con el sistema de LC comparado con el sistema de LT, excepto en los ensayos donde el cultivo fue una leguminosa, ya que estas especies no incorporan suficiente materia orgánica.

La labranza de conservación se ha llevado a cabo en Andosoles, Feozems, Cambisoles, Fluvisoles, Regosoles, Castañozems y Vertisoles, donde los rendimientos de maíz son mayores que en LT; mientras que en Cambisoles, Regosoles y Feozemes, los rendimientos de frijol son iguales que en LT. Este sistema no se recomienda en Gypsisol, Solonchaks, Planosoles y Calcisoles, suelos de zonas áridas y en Luvisoles y Acrisoles, suelos de zonas templadas y tropicales. En Vertisoles se han obtenidos buenos resultados en trigo, sorgo y cebada, pero sólo en algunas localidades.

En el análisis de estudios realizados en el periodo 1997-2015 (Cuadro 1), se encontró que 47% describieron el tipo de suelo en el que se trabajó (WRB o Taxonomía de suelos), el resto de los trabajos determinaron únicamente propiedades físicas del suelo o incluso sólo la clase textural. Esto significa que no se está evaluando en su totalidad todas las propiedades del suelo que pueden modificarse con la labranza y al no reportar al tipo de suelos no se puede hacer trasferencia de tecnología. Además, en muchas de estas investigaciones no reportan las propiedades del suelo iniciales y como terminan al final del experimento o de la evaluación del sistema.

Las diferencias significativas entre LC y LT se dieron con mayor porcentaje cuando el primero se implementó por más de 5 años, ya que este sistema fomenta el proceso de melanización; no obstante, este proceso está influenciado por el tiempo y por el tipo de residuo que se deja (Bockheim y Gennadiyev,2000). En el caso de vertisoles a pesar que tuvo más de 9 años de manejo con LC no se tuvo influencia en las propiedades físicas del suelo (Cuadro 1).

En Andosol mollico no se encontró diferencia significativa en las variables físicas evaluadas por el corto tiempo de tratamiento, en cambio en Castañozems hubo diferencia en retención de humedad, Dap, MO, y el rendimiento fue mayor. En un Vertisol districo, el contenido de MO fue mayor en la fracción de 0-10 cm en LC, el rendimiento fue cercano a labranza convencional pero no mejor, lo que contrasta con el análisis del periodo anterior a 1992 (Figueroa y Morales, 1999). En el Vertisol pélico los resultados no favorecieron la LC, y las mejores características evaluadas fueron de LT (Cuadro 1). En el Gipsisol háplico y calcárico, el mayor rendimiento se tuvo con LC lo que contrasta también con lo expuesto anteriormente, este resultado debe complementarse con un análisis más exhaustivo y otros estudios. En Faeozem se encontraron mejores rendimientos de maíz y trigo en rotación y propiedades físicas del suelo después de 14 años de LC en comparación con LT (Cuadro 1).

En contraste el estudio realizado por Gutiérrez *et al.,* (2015), en el noreste de México, en aridisoles donde no es práctico el sistema de LC debido a la formación de costras naturales, se evaluó el sistema de LT donde se encontró que el manejo e incorporación de MO, ha propiciado que un suelo aridisol evolucione a inceptisol en seis décadas de manejo (temporal-riego) y que se tengan altos contenidos de captura de CO.

Conclusiones

En los estudios (1997-2015) no se otorga la importancia de clasificar el suelo, la textura es la característica que más se reporta, propiedad que no se modifica con la labranza, limitando la extensión adecuada del sistema. La LC se implementa en: Fluvisol, Cambisol, Andosol, Faeozem, Castañozem, Luvisol, Regosol (Entisol, Taxonomía), Acrisol, con resultados favorables comparado con LT. Sin embargo, en Gypsisoles, Solonchak, Planosol y Calcisoles (de zonas áridas) no se ha tenido buenos resultados con LC. En los vertisoles es donde más se está llevando a cabo LC; no obstante, aunque en rendimiento se evalúa mejor que LT, se pone en duda la efectividad del sistema para modificar las características físicas del suelo.

Bibliografía

Alonso B.M., Aguirre M. J. F. 2011. Efecto de la labranza de conservación sobre las propiedades del suelo. TERRA Latinoamericana, 29(2):113-121

Amador R. M. D., Escobedo R. J. S. 2004. Distribuciones espaciales de malezas y rendimiento de maíz en labranza reducida y convencional Revista Fitotecnia Mexicana, 27(3): 223-231

Amézketa E. (1999) Soil Aggregate Stability: A Review, Journal of Sustainable Agriculture, 14:2-3, 83-151.

Bouma, J., McBratney, A.B., 2013. Framing soils as an actor when dealing with wicked environmental problems. Geoderma 200–201, 130–139.

Connor y Mínguez. 2012. David J. Connor a, M. Ine´s Mínguez. Evolution not revolution of farming systems will best feed and green the world. Global food Segurity 1, 106-113.

Demuner M. G., Cadena Z. M., Campos M., Santos G. 2013. Resistencia a la penetración en un suelo franco arcilloso a dos años de manejo con tres sistemas de labranza. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. 22:68-71.

Erenstein, O. 1997. Labranza de conservación o conservación de residuos? Una evaluación del manejo de los residuos en México. NRG Reprint Series 97-02. Mexico, D.F.: CIMMYT.

Figueroa, S. B. Morales, F. F. J., 1999. Manual de producción de cultivos con labranza de conservación / Benjamín Figueroa Sandoval; Texcoco, México: SARH : COLPOS, pp.238

Fuentes M., Govaerts B., De Leónc F., Hidalgo C., Dendoovend L., Sayre K. D., Etchevers J. 2009. Fourteen years of applying zero and conventional tillage, crop rotation and residue management systems and its effect on physical and chemical soil quality. European Journal of Agronomy. 30:228–237

Franzen, H., R. Lal y W. Ehlers. 1994. Tillage and mulching effects on physical properties of a tropical Alfisol. Soil & Tillage Research. 28: 329-346.

Franzluebbers A.J., 2002. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. Soil and Tillage Research 66, 95–106.

Galeana C. M., Trinidad S. A., García C. N. E., Flores R. D. 1999. Labranza de conservación y fertilización en el rendimiento de maíz y su efecto en el suelo. TERRA Latinoamericana. 17(4):325-335.

García S. R., Espinosa V. D., Figueroa S. B., García C.N.E., Gallardo L.J.F. 2006. Reservas de carbono orgánico y de fracciones húmicas en un Vertisol sometido a siembra directa. TERRA Latinoamericana. 24(2):241-251.

Gil G. H., Martínez R. C. G., Estrada C. G. 2014. Impacto del sistema de labranza y dosis de nitrógeno en el rendimiento y calidad nutricional de forraje de avena. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 5(6):951-964

Giller. K.E., Witter, E., Corbeel, M., Tittonel, P. 2009. Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: the heretics view. Field Crop Research 114, 23-34. Govaerts, B.; Sayre, D. K.; Goudeseune, B.; De-Corte, P.; Lichter, K.; Dendooven, L. and Deckers, J. 2009. Conservation agricultura as a sustainable option for the central Mexican Higlands. Soil & Tillage Res. 103:222-230.

Gutiérrez C. M. C., J. Reyes Ch. y Figueroa S.B. 1999. Desarrollo estructural en un entisol bajo el sistema de labranza de conservación y tradicional. TERRA Latinoamericana. 17 (2):87-96.

Gutiérrez C. E. V., Gutiérrez C. M. del C. y Ortiz S. C. A. 2015. Carbon capture and pedogenetic processes by change of moisture regime and conventional tillage in Aridisols. Soil and Tillage Research. 150:114-123.

Hajjar, D.I. Jarvis, B. Gemmill-Herren. 2008. The utility of crop genetic diversity in maintaining ecosystem services Agriculture, Ecosystems & Environment 123, 261-270.

Johnson, B.R. (2000). Genetically modified crops and other organisms: Implications for agricultural sustainability and biodiversity. In: G.J Persley and M.M Lantin, Editors. Agricultural Biotechnology and the Poor: Proceedings of an International Conference, Washington, D.C., 21-22 October 1999, pp. 131-138. Consultative Group on International Agricultural Research, Washington, D.C.

López M.J.D., Ávalos M. A., Martínez R. C. E., Valdez C. R., Salazar S. E. 2006. Características físicas del suelo y

rendimiento de maíz forrajero evaluados con labranza y fertilización orgánica-inorgánica. TERRA Latinoamericana. 24(3):417-422.

Martínez-Ruiz, A. 2000. Evaluación y perspectivas de la labranza de conservación en México. Centro de Desarrollo Tecnológico Villadiego, FIRA. Guanajuato México.

Martínez G.M.A., Jasso C.C., 2005. Rotación maíz-avena forrajera con labranza de conservación en el altiplano de San Luis Potosí, México. TERRA Latinoamericana, 23(2):257-263.

McBratney A. Field D. J., Koch A. 2013. The dimensions of soil security. Geoderma. 213:203–213.

Muñoz V.J. A., Oleschko L. K., Velásquez V. M. A., Velázquez G. J. J., Martínez M. M., Figueroa S. B. 2011 Propiedades físicas de un Andosol mólico bajo labranza de conservación. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 1:151-162

Navarro B. A., Figueroa S.B., Martínez M.M., González C.F., Osuna C.E. 2008. Indicadores físicos del suelo bajo labranza de conservación y su relación con el rendimiento de tres cultivos. Agricultura Técnica en México, 34, 2:151-158.

Oldeman, L.R. 1988.Guidelines for general assessment of the status of human-induced Soil Reference and Information Center, Working paper 88/4. International Soil Reference and Information Centre (ISRIC), Wageninen, pp 151.

Ozpinar, S. and Ozpinar A. 2011. Influence of Tillage and Crop Rotation Systems on Economy and Weed Density in a Semi-arid Region. J. Agr. Sci. Tech. Vol. 13: 769-784.

Ramírez B. C. E., Figueroa S. B., Ordaz C.V. M., Volke H. V. H. 2006. Efecto del sistema de labranza cero en un Vertisol. TERRA Latinoamericana. 24(1):109-118

Saldaña R. N., Zavala S. A. Cabrera S. J. M., Serwatowski, R. G., Barrón, S., Gutiérrez V. C., Flores O. A. Flores G. Á. 2012. Discriminación de la superficie agrícola sembrada bajo labranza de conservación empleando análisis multitemporal. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 4:679-689

Six J., Bossuyt H., Degryze S., Denef K. 2004 A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics, Soil & Tillage Research 79, 7–31.

Warren A. 2002. Land degradation is contextual. Land Degradation & Development 13: 449–459.

ACCIONES DE CONSERVACIÓN DE SUELO Y AGUA PARA REDUCIR LA EROSIÓN DEL SUELO EN LA CUENCA DE LA PRESA ATLANGATEPEC, TLAXCALA

Cortés-Torres, HG[1*]; Ramírez-Luna, JJ[1]; Gómez-Garzón, A[1]; Rivera-Ruiz, P[1]; Wruck-Spillecke, W [1]; Yáñez-Kernke, MA[1]; Palma-Moreno, G[1]; Delgado-Quezada, E[1]; Luna-Ronquillo, F[2]; Reyes-López A[3];

[1]Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos, México.
[2]Comisión Nacional del Agua. DR-056 Atoyac-Zahuapan Tlaxcala. Tlaxcala, México.
[3]MVZ. Asesor Independiente. Jiutepec, Morelos, México.

*Autor responsable: hcortes@tlaloc.imta.mx; Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso, Jiutepec Morelos. CP 62550 México; +52 777 3293600. Ext. 153.

Resumen

Con el propósito de contribuir a solventar el problema de la erosión del suelo y arrastre de sedimentos a la presa Atlagatepec, en el norte del estado de Tlaxcala, se realizó un diagnóstico del medio biofísico de la cuenca así como un estudio de la erosión hídrica, para de esta forma recomendar prácticas de conservación de suelo y agua que coadyuven con este objetivo. Como resultado de lo anterior se encontró que en la cuenca de 28,653.27 ha, la problemática principal es: Áreas con cobertura vegetal escasa, suelos con horizonte A muy delgado (15 cm), áreas con erosión hídrica en diversos grados y de diversos tipos; zonas, aunque muy localizadas, con pérdida total de suelo y afloramiento de material parental. Aunque la tasa de erosión hídrica anual en la mitad del área de la cuenca es menor a las 5 ton/ha, es de preocupar que en el 12.15% de la superficie se tienen tasas de erosión que superan las 50 ton/ha en promedio anual. Para reducir el fenómeno erosivo, se proponen modelos/prácticas de conservación donde se considera de manera preponderante el uso del suelo, la topografía del terreno y las condiciones de la vegetación. Las acciones recomendadas incluyen prácticas vegetativas y mecánicas con intervención en los usos del suelo: agrícola, forestal y pecuario. Se proponen asimismo obras transversales (represas de gaviones y de geocostales) para el control de cárcavas en zonas con alto grado de erosión. El costo estimado de estas prácticas es de $32,253,478.34.

Palabras clave
Presa Atlangatepec; Erosión hídrica; Prácticas de conservación

Introducción

La cuenca de la presa cuenca de la presa Atlangatepec cuenta con una superficie de 28,653.27 ha, formada por llanuras y lomeríos, rodeada por un sistema montañoso de origen volcánico. Las alturas en la cuenca van de los 2,480 msnm hasta los 3,510 msnm. Su geología se compone principalmente por rocas ígneas extrusivas. Hidrológicamente se ubica en la Región Hidrológica Río Balsas, Cuenca Río Atoyac y Subcuenca Río Zahuapan. Los suelos en la cuenca son andosoles, feozem, cambisol, castañozem y regosoles. Hay presencia de tepetate en partes medias y altas de la cuenca.

Los problemas de erosión de suelo en la cuenca son causados por la conjugación de factores

topográficos, climáticos y geológicos; y al manejo inadecuado de los recursos suelo-agua y sus asociados. Los efectos de la erosión de suelos se observan no solo en el sitio donde ocurren (pérdida de suelo, reducción de la fertilidad), sino también fuera de él: arrastre de sedimentos y en este caso, azolve de la presa, disminuyendo así vida útil.

Para mitigar esta situación se hace necesario hacer un manejo adecuado de los recursos productivos de la cuenca. Lo anterior puede lograrse mediante el conocimiento y análisis de las causas que originan la problemática mencionada y con base en ello realizar una propuesta de acciones empleando obras y prácticas de conservación de suelo y agua, que permitan disminuir la carga de azolves al cuerpo de agua de la Presa Atlangatepec y al mismo tiempo promover la infiltración del agua en apoyo a la recarga de acuíferos. Con este propósito se realizó el presente estudio, en el cual se proponen obras y prácticas de conservación para controlar el proceso erosivo y reducir la entrada de azolve a la presa.

Materiales y Métodos

a) Recopilación y análisis de información cartográfica, documental y digital referida a la zona de estudio.
b) Reconocimiento detallado de la cuenca de la presa Atlangatepec para identificar elementos del medio biofísico, procesos de degradación, que requieren la intervención con obras y prácticas de conservación de suelo y agua para retención de sedimentos y apoyo a la recarga del acuífero.
c) Estudio de erosión hídrica en la cuenca utilizando La Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (Figueroa et al, 1991).
d) Levantamientos topográficos longitudinales, seccionamiento de los cauces y pendientes medias de los arroyos y laderas de la cuenca de la presa Atlangatepec.
e) Estudios hidrológicos para análisis pluviométrico y estimación de escurrimientos superficiales.
f) Diseño de prácticas de conservación de suelo y agua para retención de sedimentos y apoyo a la recarga del acuífero.

Resultados y Discusión

La presa Atlangatepec se encuentra en el norte del estado de Tlaxcala. Su cuenca de captación incluye 28,653.27 ha, entre las coordenadas: 19°42´05" LN al norte y 19° 31´15" LN al sur. En el este su límite está en 98°01´30" LW y al poniente sus coordenadas son: 98° 14´30" LW. La cuenca se localiza principalmente en los municipios de Tlaxco (75.58% del total de la cuenca) y Atlangatepec (21.76%) en el estado de Tlaxcala. El 2.66% restante se inserta en el estado de Puebla: 2.52% en el municipio de Chignahuapan y 0.14% en Ixtacamaxtitlán.

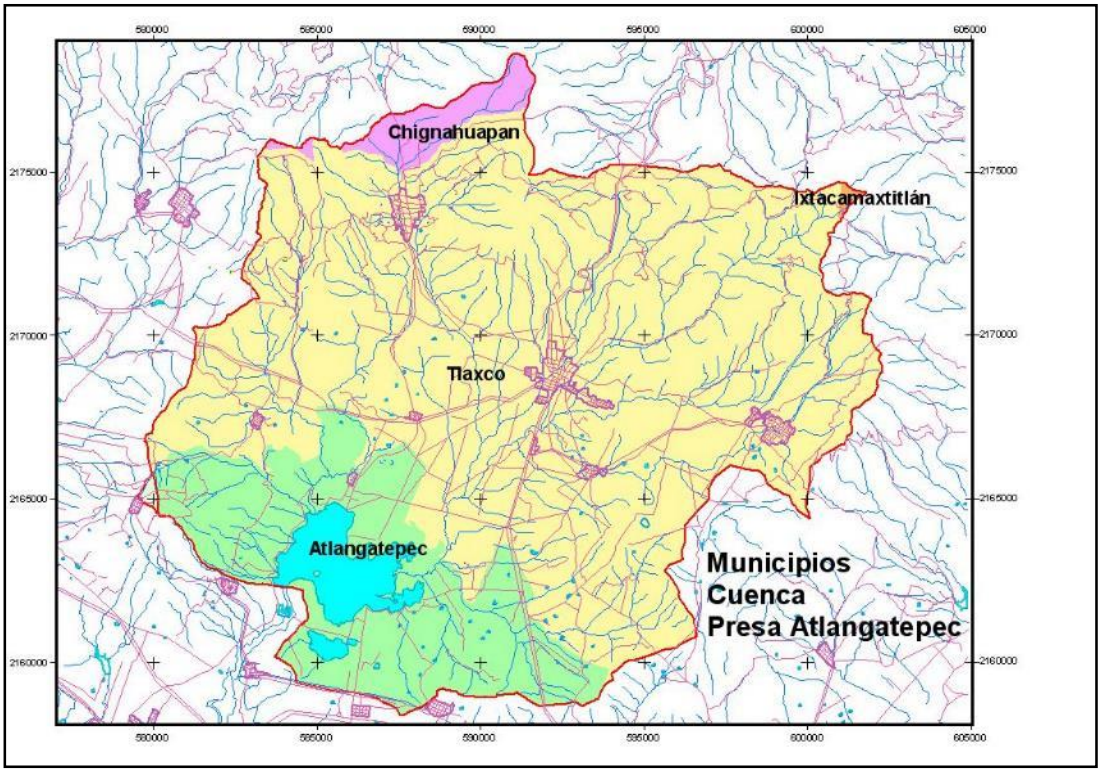


Figura 1. Localización y municipios que conforman la cuenca de la presa Atlangatepec.

El clima predominante predominante es del tipo C(w) templado moderado lluvioso (lluvias en verano), en sus partes bajas y lomeríos y CE(w2), semifrío húmedo con lluvias en verano en las partes más altas de la cuenca. Acorde con la altitud y temperatura, la vegetación en la zona más alta es de bosques de pino y oyamel. Conforme se desciende, la vegetación es del tipo bosque pino, pino-encino y luego más abajo del tipo bosque abierto y matorral, hasta llegar a las planicies y lomeríos, donde predomina el uso de suelo agrícola.

En resumen, la problemática principal encontrada es: Aunque se observan en la cuenca bastantes prácticas de conservación de suelo y agua (terrazas, zanjas de infiltración, reforestaciones recientes) existen áreas con cobertura vegetal escasa, suelos con horizonte A muy delgado (15 cm), áreas con erosión hídrica en diversos grados y de diversos tipos zonas aunque muy localizadas, con pérdida total de suelo y afloramiento de material parental.

En lo que corresponde a el estudio de erosión hídrica (modelo USLE, Figueroa, et al, 1991) se encontró que la tasa de erosión hídrica anual en la mitad de la cuenca es menor a las 5 ton/ha, lo que permite clasificar esta superficie como sin problemas de erosión. No obstante, por otro lado, es de llamar la atención que prácticamente en el 27% de la cuenca se tiene una pérdida de suelo promedio anual entre 10 a 50 ton/ha y es de preocupar que en el 12.15% de la superficie se tienen tasas de pérdida de suelo por erosión hídrica que superan las 50 ton/ha en promedio.

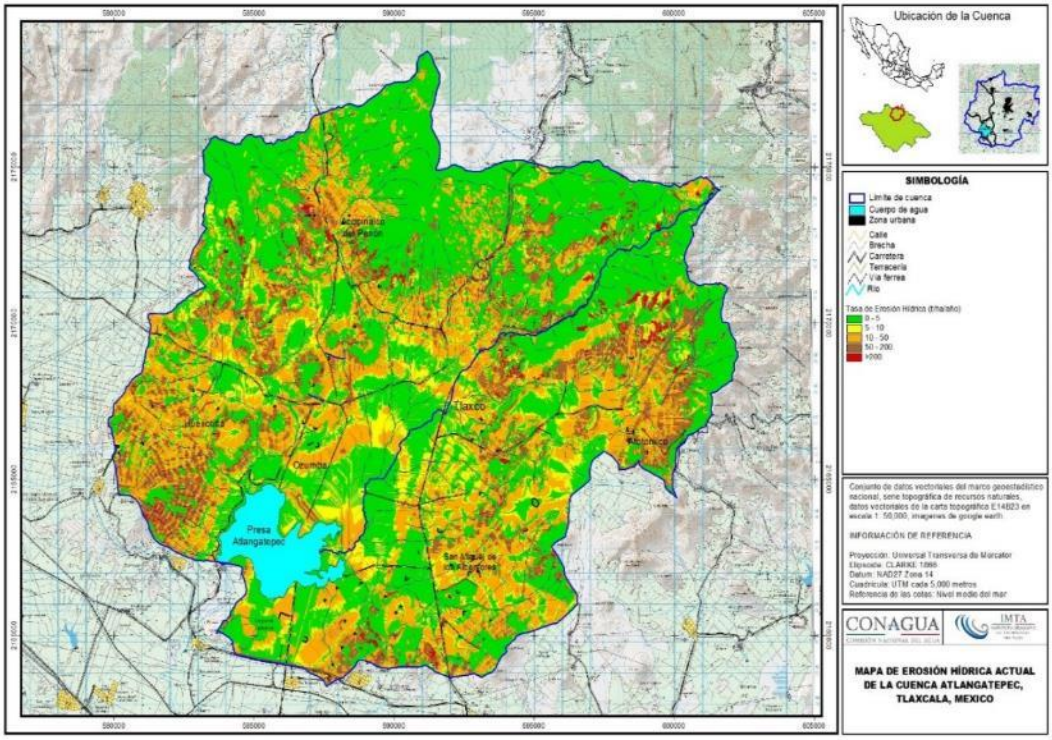


Figura 2. Erosión hídrica en la cuenca de la presa Atlangatepec Tlaxcala.

Una vez vez que se dispuso de todos los elementos del medio biofísico, y como resultado de los recorridos de campo y los estudios de erosión y de producción de sedimentos realizados, se procedió a proponer y diseñar prácticas y obras de conservación de suelo y agua para disminuir la erosión del suelo y de esta forma reducir el azolvamiento de la presa.

La propuesta de modelos/prácticas de conservación recomendadas considera de manera preponderante el uso del suelo, la topografía del terreno y las condiciones de la vegetación y del suelo mismo. En el cuadro siguiente se presenta en forma de matriz esta propuesta donde aparecen en las columnas los usos del suelo y en las filas las prácticas conservacionistas recomendadas. Éstas prácticas se redactaron en forma de fichas técnicas, en donde se describen claramente y se indica la manera de implementarlas en campo, así como su costo.

Finalmente, una vez consideradas todas las prácticas recomendadas tanto en las laderas de la cuenca como en los cauces con erosión severa (represas de control de azolve) se tiene que de las 28,653.27 ha de que consta la cuenca, se propone intervenir con prácticas/modelos de conservación en 11,950.80 ha. Al hacer un costeo de los recursos financieros requeridos para la implementación de las prácticas recomendadas se tiene que el presupuesto alcanza un monto de $32'253,478.34 (TREINTA Y DOS MILLONES DOSCIENTOS CINCUENTA Y TRES MIL CUATROCIENTOS SETENTA Y OCHO PESOS 34/100 M.N.), donde se incluyen los costos del establecimiento de 4 represas de gaviones y 8 de geocostales, así como las acciones de conservación de suelo y agua mostradas en el cuadro.

Cuadro 1. Prácticas de conservación propuestas por uso de suelo en la cuenca de la presa Atlangatepec.

Clave	Práctica de conservación	Usos del suelo								
		AGR	PAST	MAT	FOR	EROS M	EROS G	TUL	AGUA	URB
RN CUL	**Rotación de cultivos**	X								
AS CUL	**Asociación de cultivos**	X								
CL FAJ	**Cultivos en fajas**	X								
BR VIV	**Barreras vivas**	X	X							
AGROF	**Agroforestería**	X	X		X					
REVEG	**Revegetación con especies nativas**		X	X	X	X	X			
REFOR	**Reforestación**			X	X	X	X			
SC CON	**Surcado al contorno**	X			X					
TR FSC	**Terrazas de formación sucesiva**	X			X	X	X			
TFR IND	**Terrazas individuales**				X	X	X			
BR PIE	**Barreras de piedra**	X	X	X	X	X	X			
BR PPAJA	**Barreras de pacas de paja**			X	X	X	X			
TN CIE	**Tinas ciegas**			X	X	X	X			
ZN BRD	**Zanjas bordo**			X	X	X	X			
ROTUR	**Roturación del suelo**	X	X	X	X					
RT POT	**Rotación de potreros**		X							
EX PST	**Exclusión al pastoreo**		X	X	X	X	X			
PR GAV	**Presas de gaviones**						X			
PR GEO	**Presas de geocostales**						X			

Conclusiones

Los principales problemas encontrados son: a) áreas de cobertura vegetal escasa, b) suelos con horizonte A muy delgados, c) erosión hídrica en diversos grados y de diversos tipos, d) sitios con erosión grave/severa y afloramiento del material parental.

En cuanto a la implementación de las prácticas recomendadas, se enfatiza que es preferible implementar las prácticas vegetativas antes que las mecánicas (movimiento de suelo con maquinaria y construcción de represas de control de azolve), pues aunque las primeras son menos vistosas, son más económicas y más efectivas en lo que al control de la erosión del suelo se refiere. Siempre es más económico prevenir que restaurar o rehabilitar. Se estima una inversión de $32'253,478.34 para la implementación de prácticas y obras de conservación de suelo y agua, de tal manera que se impacte de manera positiva las condiciones actuales de la cuenca.

Bibliografía

Figueroa, B., A. Amante, H.G. Cortés, J. Pimentel, E.S. Osuna, J.M. Rodríguez y F.J. Morales. 1991. Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión. Colegio de Postgraduados CREZAS y Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México. 150p.

RENDIMIENTO DE FRIJOL VARIEDAD OJO DE CABRA, BAJO UN MANEJO DE PRODUCCIÓN ORGÁNICO

Granados-Mayorga, AK[2*]; Fonseca-Rodríguez, LA[2]; Castillo-Valdéz, X[2]; De Paz-Quintero, V[2]; Fones-García, S[2]; Solares-Díaz, GM[1]; Navejas-Jiménez, J[3]; Mercado-Mancera, G[1]

[1]Departamento de Ciencias Agrícolas, FES-C, UNAM. Cuautitlán Izcalli, México.
[2]Licenciatura de Ingeniería Agrícola, FES-C, UNAM. Cuautitlán Izcalli, México.
[3]Investigador Titular INIFAP-CETODS-BCS. La Paz, B.C.S.

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

Resumen

La agricultura orgánica se basa en el manejo y aplicación de abonos con el fin de disminuir el uso de fertilizantes sintéticos y disminuir la contaminación que pueden generar en el suelo. El objetivo del presente estudio fue la evaluación de la aplicación de abonos orgánicos en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Ojo de cabra, bajo condiciones de temporal y su relación con los componentes de rendimiento. Se aplicaron cuatro tratamientos: 1: testigo sin aplicación; 2: lixiviados de lombricomposta; 3: estiércol vacuno, y 4: lombricomposta; con tres repeticiones, los cuales se dispusieron en tres surcos de 15 m de largo a 0.8 m de separación, dentro de un área de 432 m^2. Se tomaron como variables los componentes de rendimiento: número de vainas $planta^{-1}$, número de semillas $vaina^{-1}$ y rendimiento de grano, y además se registró la tendencia de temperatura media y precipitación mensual. Las condiciones climáticas no afectaron el crecimiento de las plantas de frijol. No existió diferencia estadística entre los tratamientos para las variables rendimiento y número de semillas $planta^{-1}$; fue el tratamiento de lombricomposta con 2.15 t ha^{-1} el que mayor rendimiento produjo. El número de semillas en promedio fue de cuatro. Para la variable número de vainas $planta^{-1}$ si existió diferencia altamente significativa, y los tratamientos con aplicación de lixiviados y lombricomposta presentaron los mayores resultados, 39.69 y 40.27, respectivamente. Los resultados dejan evidencia sobre las ventajas que presentan la utilización de abonos orgánicos para obtener mejores rendimientos en el cultivo del frijol, lo que beneficia económicamente al productor; mientras que al suelo le mejora sus características físicas y químicas.

Palabras clave
Frijol; abonos ; var. Ojo de cabra

Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México es el segundo producto más importante en el sector agroalimentario después del maíz, es un cultivo prehispánico en el cual se han desarrollado diversas variedades, el cual es una fuente de ingresos para miles de productores; esto se debe a que es un cultivo fundamental en la dieta de la población. El frijol es una leguminosa que aporta en gran cantidad almidones y proteínas, lo cual complementa la alimentación de los mexicanos (CONABIO, 2014).

En la actualidad es necesario buscar nuevas alternativas en la agricultura, ya que el manejo convencional ha generado graves consecuencias al ambiente, es por ello que la agricultura orgánica es una opción a esta situación debido a que la aplicación de abonos traen múltiples beneficios, no solo en el desarrollo de las plantas sino también al suelo, ya que ayuda a mejorar su estructura, aumenta su capacidad de retener la humedad, la aireación y como consecuencia el drenaje del mismo (Téllez, 2002). Los productores de frijol en el Altiplano y la Mesa Central de México tienen interés en producir frijol orgánico, lo cual les permita obtener un mayor precio de venta que el que se obtiene con el frijol que se produce de forma convencional.

El cultivo de frijol puede producirse en diversas condiciones de suelo y clima, aunque es importante mencionar que es un cultivo que requiere aporte de materia orgánica la cual ayuda a la buena capacidad de retención de humedad en el suelo (Escamilla, 2013).

Un suelo saludable es la base de la agricultura orgánica, debido a que el realizar prácticas como el aporte de materia orgánica y abonos tiene como objetivo aprovechar los ciclos naturales de los nutrimentos en favor de la actividad biológica y la estructura del suelo; lo cual crea un suelo biológicamente activo, con buena estructura y capacidad de retener el agua y los nutrimentos (García *et al.*, 2010).

El objetivo del presente estudio fue la evaluación de la aplicación de abonos orgánicos en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. Ojo de cabra, bajo condiciones de temporal y su relación con los componentes de rendimiento.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM (FES-C), durante el ciclo P-V 2014, bajo condiciones de temporal. La FES-C se encuentra a 2,256 msnm, en Cuautitlán Izcalli, Estado de México. El clima corresponde a un Templado Subhúmedo (Cw_0), con lluvias de verano; la temperatura media anual es de 15.2 ºC y la precipitación media anual de 612.1 mm (Rodríguez, 2014). El suelo es de color gris, pH de 7.0 y con el 3.3 % de materia orgánica (Castillo *et al.*, 2014). La parcela experimental fue de 432 m^2 en la cual se aplicaron cuatro tratamientos y tres repeticiones en un diseño completamente al azar. Los tratamientos fueron: 1) testigo sin aplicación; 2) aplicación de lixiviados de lombricomposta a razón de 280 ml planta^{-1}; 3) aplicación de estiércol bovino a razón de 1.5 kg planta^{-1} y 4) aplicación de lombricomposta a razón de 1.0 kg planta^{-1}. Cada tratamiento se aplicó a tres surcos de 15 m de largo, con separación entre surcos de 0.8 m y entre plantas de 0.3 m. Entre los tratamientos se dejó un surco de separación. La fecha de siembra del frijol var. Ojo de cabra, fue el 10 de junio del 2014. Las variables evaluadas fueron: altura de planta cada 15 días después de la emergencia hasta la fructificación, en una muestra de 10 plantas por unidad experimental; rendimiento, número de vainas planta^{-1}, número de semillas vaina^{-1}, en 25 plantas al azar de cada unidad. La aplicación de lixiviados, se realizó en dos momentos: etapa vegetativa y floración-llenado de vaina, mientras que la lombricomposta y el estiércol vacuno se aplicó en la etapa vegetativa. Asimismo, se registraron los valores de temperatura media y precipitación ocurrida durante el periodo de estudio. Se realizó el análisis de varianza y la prueba de separación de medias por el método de Tukey, a una significancia del 0.01.

Resultados y Discusión

Al final del estudio se han obtenido los siguientes:

a) Condiciones climáticas: La Figura 1 muestra las tendencias de la temperatura media mensual y de la precipitación acumulada mensual (pp), del año 2014 y el valor normal registrado en los últimos 27 años. Se observó que durante el año 2014 estas variables se presentaron ligeramente por encima de lo normal, por ejemplo, la temperatura fue de 17.4 °C durante el periodo del cultivo en 2014 comparada con los 17.1 °C que se tienen como valor normal para el mismo periodo. La precipitación registrada durante el mismo periodo fue de 150.6 mm, mientras que la normal es de109.0 mm, 41.6 mm más que influyó de forma positiva en el crecimiento del cultivo.

El rendimiento de grano es el resultado de la interacción del material genético con el medio ambiente y bajo las condiciones edafoclimáticas que prevalecieron en el sitio de estudio, se vio favorecido en esta investigación. El rendimiento promedio obtenido con la aplicación de algún tipo de abono para el ciclo P-V 2014 fue de 2.02 t ha^{-1}, valor mayor al alcanzado en el testigo sin aplicación de abono, que fue de 1.56 t ha^{-1}, sin embargo, todos estos rendimientos son mayores al promedio nacional (0.7 t ha^{-1}) que Financiera Rural (2014) reportó para el cultivo de frijol.

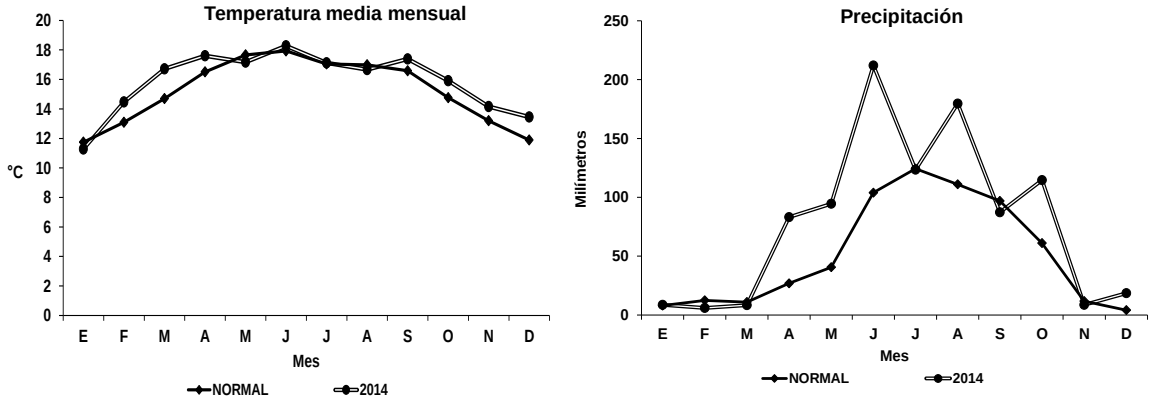


Figura 1. Tendencia de la temperatura media mensual y precipitación acumulada, 2014. Cuautitlán Izcalli, México.

b) Altura de planta: No existió diferencias significativas en la altura de planta entre los tratamientos con respecto al testigo. Al final las plantas alcanzaron 50.5, 50.2, 49.2 y 47.0 cm, respectivamente (Figura 2). Cabe señalar que las plantas de esta variedad generaron una masa de follaje importante por lo que el rendimiento no se asoció a la ganancia de altura, sino, a la producción de vaina y semilla que presentó cada tratamiento.

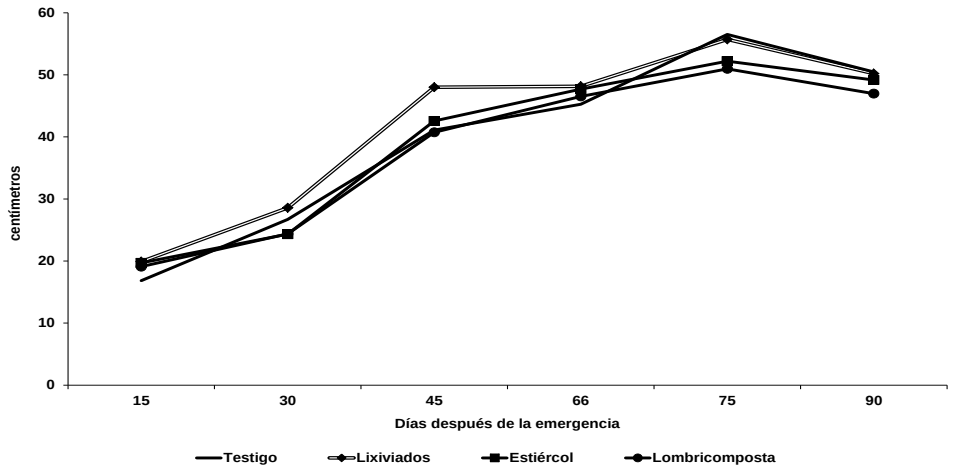


Figura 2. Altura de la planta de frijol var. Ojo de cabra, ciclo P-V 2014. Cuautitlán Izcalli, México.

c) Componentes de rendimiento: Los tratamientos evaluados no mostraron diferencias significativas en el rendimiento y en el número de semillas vaina^{-1} (Cuadro 1), el rendimiento promedio general fue de 1.91 t ha^{-1}; y cuatro semillas vaina^{-1}. Sin embargo, se observó que la aplicación de abonos incrementó el rendimiento de grano en esta variedad de frijol, donde la aplicación de humus de lombricomposta permitió obtener hasta 2.15 t ha^{-1}, media tonelada más el testigo sin aplicación. Estos datos convergen con los publicados por Castillo *et al.* (2014) quienes probaron la aplicación de abonos orgánicos en la variedad de frijol vaquita negro.

Cuadro 1. Rendimiento, número de vainas por planta y semillas por vaina de frijol var. Ojo de cabra, bajo cuatro tratamientos, en el ciclo P-V 2014.

Tratamiento	**Rendimiento (ton ha^{-1})**	**Número de vainas planta^{-1}**	**Número de Semilla vaina^{-1}**
1: Testigo	1.56 NS	34.76 c	4 NS
2: Lixiviados	1.79 NS	39.69 a	4 NS
3: Estiércol	2.13 NS	37.20 b	4 NS
4: Lombricomposta	2.15 NS	40.27 a	4 NS

NS= no existe significancia estadística entre tratamientos. Letras iguales indican promedios estadísticamente iguales al 0.05 de probabilidad.

En cuanto al número de vainas planta^{-1}, se observó diferencia significativa entre los tratamientos, con lixiviados y lombricomposta se obtuvieron los mayores valores, lo que representa una mayor influencia en el desarrollo de la planta, sin embargo, para el caso del tratamiento con lixiviados este mayor número de vainas no se tradujo en mayor rendimiento, lo que puede deberse a un mayor consumo de nutrimentos por la planta que son destinados a un mayor número de vainas con la consecuente disminución del peso de la semilla. Es importante señalar que las condiciones ambientales favorecieron el crecimiento de las plantas de frijol var. Ojo de cabra, la acumulación de calor y la precipitación ocurrida durante el ciclo agrícola 2014, influyó también en el rendimiento obtenido en esta investigación.

Por lo tanto, el agregar de forma constante abonos orgánicos al suelo favorece los ciclos naturales de los nutrimentos que a su vez benefician la actividad biológica y las condiciones físicas y químicas del suelo, situación presente en la parcela donde se realizó este trabajo, la cual ya cuenta con más de 15 años periodo en el cual se han incorporado residuos de cosecha, estiércoles, lixiviados y humus de lombricomposta.

Conclusiones

El tratamiento que presentó mayor rendimiento de grano en el frijol var. Ojo de cabra, fue con la aplicación de humus de lombricomposta a razón de 1.0 kg planta^{-1}, donde se obtuvo 2.15 t ha^{-1}. La aplicación de abonos orgánicos benefician a la planta lo cual quedó evidenciado con respecto tratamiento testigo, donde no se agregó material orgánico.

Las condiciones climáticas durante el ciclo agrícola P-V 2014, favorecieron el crecimiento y desarrollo de las plantas de frijol, lo cual permitió obtener rendimientos mayores a la media nacional, bajo condiciones de temporal.

Agradecimiento

Se agradece al personal técnico del Laboratorio de Técnicas de Mejoramiento Genético, de la Estación Meteorológica, del Departamento de Ciencias Agrícolas y a la Unidad de Enseñanza Agropecuaria de la FES-C, por el apoyo recibido para el desarrollo de este trabajo.

Bibliografía

Castillo, V.X., Fonseca-Rodríguez, L.A.; Fones-García, S.; Echeverría-Velázquez, Y.U.; Chávez-Peralta, S.; Mercado-Mancera, G. 2014. Variación del rendimiento del cultivo de frijol en relación al abonado bajo condiciones de temporal. Memorias del XXXIX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Celebrado del 19 al 24 de octubre del 2014. Cd. Juárez, Chih. México.

CONABIO. 2014. Frijol. En www.biodiversidad.gob.mx/usos/alimentacion/frijol.html#. Fecha de consulta 15 de mayo de 2015.

Escamilla, H.B.E. 2013. Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) orgánico y calidad de semilla. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro.

Financiera Rural. 2014. Panorama del frijol. En: http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20Frijol%20(may%202014).pdf. Fecha de consulta el 15 de mauo de 2015.

García, H.J.L., Salazar, S.E., Orona, C.I., Fortis, H.M. y Trejo, E.H.I. 2010. Agricultura Orgánica, Tercera parte. Universidad Juárez de Durango. 438 p.

Rodríguez, R.M. 2014. Normal climática de la Estación Meteorológica Almaraz, Cuautitlán Izcalli, México (1987-2013). Tesis de Licenciatura Ingeniería Agrícola. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.

Téllez, V. 2002. Abonos orgánicos. Edit. Chapingo, México. Pp. 56-60

RECUPERACIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS EN LA MIXTECA OAXAQUEÑA

Lira-Caballero, VG[1*]; Martínez-Menez, MR[2]; Palacios-Espinosa, C[3]

[1]Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México. México.
[2] Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México. México.
[2] Prestador de Servicios Profesionales en el Proyecto Mixteca.

*Autor responsable: lira.cvg@gmail.com; km 35.5 carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. CP 56230, Tel +52 (595 95 20200) ext. 1213.

Resumen.

La erosión en cárcavas ha dejado terrenos degradados a pesar de los esfuerzos realizados por la población en la Mixteca Oaxaqueña de construir obras de retención de azolves para formar áreas de cultivos que se tenían que trabajar año con año para producir alimentos; sin embargo, al abandonar estas acciones se ha acelerado la formación de cárcavas. Esta investigación se orientó en establecer un plan de recuperación de áreas degradadas en la microcuenca "Santa María Tiltepec" utilizando técnicas de bioingeniería, que consistió en rehabilitar la obra de retención de azolves existente y en establecer barreras vivas con especies nativas para captar azolves, para reducir el crecimiento lateral y la profundidad de las cárcavas; y propiciar el desarrollo de la vegetación nativa. Esta investigación, pretende estimar el volumen de sedimentos retenidos por la presa existente y valorar la eficiencia de las barreras vivas para retener azolves y propiciar el desarrollo de la vegetación. Esta información será la línea base para valorar en el tiempo la eficiencia de las acciones de bioingeniería para controlar la erosión y tener cárcavas estables.

Palabras clave
Recuperación de cárcavas; Prácticas de bioingenieria; revegetación

Introducción

La degradación de la tierra disminuye la capacidad del ecosistema para producir bienes y servicios a la sociedad (Almorox *et al*., 2010; Ortiz *et al*., 1994). El proceso que más ha contribuido de la degradación de los suelos es la erosión provocada por la lluvia y el viento, ya que el 21.4 % de la superficie se encuentra afectada por la erosión (11.9% hídrica y 9.5% eólica) (Almorox *et al*., 2010; SEMARNAT, 2012).

Las cárcavas son secciones transversales irregulares sujetas a crecimientos laterales, en profundidad y en la parte alta con crecimiento continuo y una alta capacidad de transporte del flujo superficial; la erosión en cárcavas en particular, representa un estado avanzado de degradación de los suelos (Osman, 2013). A pesar de la importancia de la erosión en cárcavas y su impacto en la degradación de las tierras no se cuenta con registros nacionales de las zonas afectadas por este proceso erosivo y solo existen algunos trabajos para identificar zonas de cárcavas en algunas partes del país (Bocco y García, 1992; Zamora, 2014).

En la región mixteca, la destrucción de los sistemas agrícolas prehispánicos, la tala de los

bosques y el sobrepastoreo de ganado caprino principalmente, provocaron serios problemas de degradación, reportando que en la zona el 13.3% presenta muy alto grado de erosión, el 46% tiene un alto grado de erosión, el 38.7% una erosión moderada y solo 2% una erosión leve (Ramírez *et al*., 2011; Rivas *et al*., 2006). Esta información permite inferir de alguna forma, que la erosión muy alta puede estar asociada a la erosión en cárcavas.

La recuperación de áreas degradadas por erosión en cárcavas es difícil, costoso y requiere de largos periodos de tiempo. Se han establecido presa de control de azolves de diferentes tipos para el control de los sedimentos (CONAFOR 2007); sin embargo, estas acciones reportan altos costos, por lo que se ha recomendado la combinación de estructuras permanentes y temporales con el uso de material vegetal para un tratamiento efectivo del crecimiento de las cárcavas a bajo costo (FAO, 2000; Desta y Adugna, 2012). También las barreras vivas, han demostrado su efectividad para retener sedimentos y favorecer el establecimiento de la vegetación natural a bajo costo (Burylo *et al*., 2007; Rey y Burylo, 2014).

El objetivo de esta investigación fue recuperar los esquemas tradicionales de control de azolves asociados a prácticas productivas y valorarlo como un sistema de bioingeniería para el control y aprovechamiento de las zonas de cárcavas en una microcuenca de la Mixteca Oaxaqueña.

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en la microcuenca "Santa María Tiltepec", ubicada entre los 17°28'49.72" y 17°28'10.40" de latitud Norte y los 97°21'30.20" y 97°21'14.02" de longitud Oeste, en el municipio de San Pedro Topiltepec, Oaxaca con una superficie de 37.06 ha.

En la microcuenca se definió el sistema de drenaje, se levantaron secciones transversales y el perfil longitudinal de la cárcava principal. La red de drenaje, se delimito en una imagen del 23 de marzo del 2012 de Google Earth y posteriormente con recorridos de campo y un navegador GPS (Global Positioning System) se ubicó el parte aguas y las cárcavas principales que forman la red de drenaje. También se realizó un vuelo con un Dron para obtener curvas a nivel de cada metro, lo que permitió obtener el sistema de cárcavas a detalle.

El perfil longitudinal de la cárcava principal (agua arriba de la presa construida) y las secciones transversales de las principales cárcavas que confluyen a la principal, se delimitaron en campo con cinta y nivel. En el levantamiento del perfil longitudinal de la cárcava se midió la altura de la cortina, el ancho de los sedimentos y el desnivel entre cadenamientos, para estimar el volumen de sedimentos retenido en el vaso de almacenamiento de la presa construida.

El plan de recuperación de las zonas degradadas consistió en la sobreelevación de la cortina y la conformación de un vertedor y un delantal para la disipación de la energía de las avenidas y se ubicaron 7 secciones transversales para establecer barreras vivas en las cárcavas que confluyen a la principal y a la altura de línea de reposo de los sedimentos en la cárcava principal se levantó la sección transversal donde se construyó una pequeña presa de piedra acomodada y una barrera viva. La ubicación de las obras y su diseño se definió con los pobladores de la comunidad, quienes participaron en su establecimiento y en el trabajo de campo. Las barreras vivas, se conformaron con troncos de colorín con diámetro > de 10 cm, espaciados de 0.5 a 1 m y una altura efectiva de la barrera de entre 1 y 1.5 m. Aguas arriba de la barreras se colocaron ramas para la retención de azolves.

Se realizaron levantamientos topográficos con una estación total para obtener las secciones transversales y la cubicación de las cárcavas afluentes y definir así la línea base de volumetría que servirá de base para la cubicación de los azolves retenidos aguas arriba de cada una de las barreras vivas construidas.

Para determinar los cambios en la repoblación vegetal, en las secciones transversales donde se ubicaron las barreras y presas, se registró la posición y abundancia de las especies sobre la Cima Derecha (CD), Talud Derecho (TD), Lecho (L), Talud Izquierdo (TI) y Cima Izquierda (CI). La abundancia de especies, se determinó con la escala Braun-Blanquet, asignando valores cualitativos de cobertura para cada una de las especies (1=<5% de cobertura, 2=5-25%, 3=25-50%, 4=50-75% y 5=75-100%. Además se consideró el valor "r" cuando se presenta un solo individuo, con cobertura despreciable y "+", cuando se registran más individuos; pero con una cobertura muy baja (Cebrián y Ballesteros, 2004).

Resultados y Discusión

La microcuenca "Santa María Tiltepec", cuenta con 711 cárcavas con órdenes del 1 al 6 destacando que las cárcavas de primer orden representan el 78% del total de cárcavas. La longitud total de las cárcavas es de más de 21 km, con una longitud promedio de 30 m lo que indica que existe una alta de densidad de drenaje (58.5 km/km^2) y una alta densidad hidrográficas de 19 cárcavas/ha. La red de cárcavas de las zonas Este y Oeste de la microcuenca tiene mayor densidad que la porción Sur donde se localiza la presa de retención de azolve, debido a que la acumulación de sedimentos, favoreció el desarrollo de la vegetación en lecho y taludes permitiendo cárcavas estables con mínimo crecimiento (Figura 1).

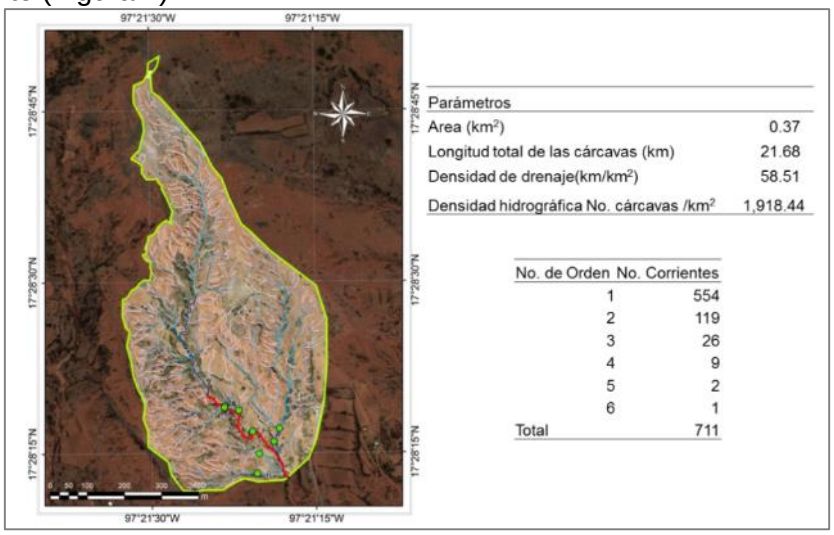
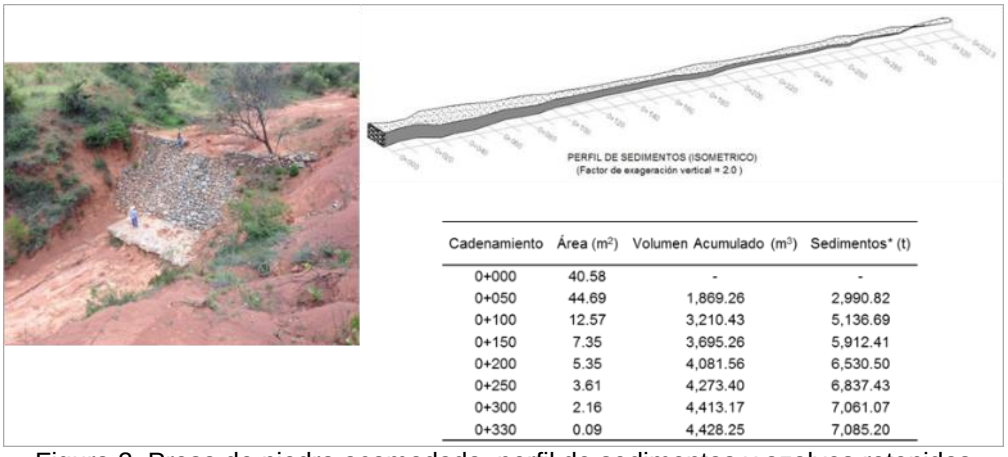


Figura 1. Red de cárcavas y ubicación de secciones transversales.

El perfil longitudinal de la cárcava principal, tiene una longitud de 397 m y un desnivel de 9.71 m entre la presa de retención de azolves y la cabecera de la cárcava donde se han acumulado azolves, con una pendiente media de estos de 2.5%. El lecho de la cárcava principal se encuentra segmentado por la presencia de materiales consolidados que actúan como barreras naturales.

La presa de retención de azolves tiene un ancho de 10.46 m, una altura 3.88 m, un talud en la cortina de 1.12 y un volumen de 191.50 m^3 de piedra acomodada. La cortina de la presa se sobre elevo 1 m de altura y un ancho de 1m, con un vertedor en la parte central de la cortina; además se repararon las socavaciones que presentaba la cortina (Figura 2).

Con el perfil longitudinal, los anchos de los sedimentos a lo largo del perfil de la cárcava principal y la altura de la cortina (3.88 m), se calculó que el volumen de azolves retenidos por el área de captación de la presa fue de 4,428.25 m^3 que indica que cada m^3 de piedra retiene en promedio 23.12 m^3 de azolves. Considerando una densidad aparente para los sedimentos de 1.6 t/m^3, se estimó que el peso de los azolves retenidos es de 7,085.2 toneladas (Figura 2).



Cadenamiento	Área (m^2)	Volumen Acumulado (m^3)	Sedimentos* (t)
0+000	40.58	-	-
0+050	44.69	1,869.26	2,990.82
0+100	12.57	3,210.43	5,136.69
0+150	7.35	3,695.26	5,912.41
0+200	5.35	4,081.56	6,530.50
0+250	3.61	4,273.40	6,837.43
0+300	2.16	4,413.17	7,061.07
0+330	0.09	4,428.25	7,085.20

Figura 2. Presa de piedra acomodada, perfil de sedimentos y azolves retenidos

De las barreras vivas establecidas en la Figura 3, se muestra la barrera 1 de la cárcava afluente 1, que tiene un ancho de 5m y está conformada por 13 troncos. En la cárcava 1 se levantaron las sección transversales a partir de la barrera, lo que permitió cubicar la cárcavas antes de las acciones y con la hoja en Excel diseñada, se determina las secciones originales antes de las acciones y después con levantamientos topográficos se pondrá realizar la cubicación de los azolves captados aguas arriba de la barrera viva hasta llegar a la área total de captación de azolves de la misma (Figura 4).

Figura 3. Barrera viva No.1 con especificaciones de diseño

Para definir la línea base de la vegetación nativa existente ante del establecimiento de las barreras vivas, se muestreó la vegetación donde quedaron las presas no. 1, 2, 3 y 4, se encontró que el mayor número de especies y la mayor cobertura se registra en los lomos de las cárcavas, sin que

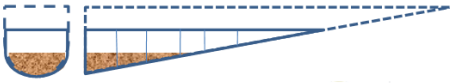
se observe una diferencia clara entre la margen izquierda y derecha. En cambio, en el lecho de la cárcava se encontró la menor diversidad de especies y en el caso particular del sitio 1 y 4, no se identificaron especies vegetales (Figura 5). El comportamiento anterior se explica porque en el lecho de la cárcava donde aún no se habían establecido las prácticas, el escurrimiento sin control tiene una alta capacidad de remoción y transporte de partículas de suelo que no permite la retención de humedad y no favorece las condiciones favorables para el establecimiento de la vegetación (Burylo *et al*., 2007).

CONTROL Y SEGUIMIENTO DE CÁRCAVAS POR PRESA

Lugar: Santa María Tiltepec
No. de cárcava: 1
Coordenadas geográficas: Lat. N. 17°28'13.19" Long. W. 97°21'20.43" Elev. (msnm): 2195
Fecha de levantamiento: *Antes:* 23 de abril de 2015 *Después:*

Sección transversal	Altura de la presa (m)	Separación (m)	Desnivel (m)	Pendiente m/m	Pendiente %	Area (m^2) *Antes*	Area (m^2) *Después*	Capacidad de azolve (m^3) *Antes*	Capacidad de azolve (m^3) *Después*	Azolve retenido (m^3)
1	1.00		1.00	1.0000	100.00	2.22		2.28		
2	0.94	1.00	0.06	0.0595	5.95	2.34		1.98		
3	0.91	1.00	0.03	0.0261	2.61	1.63		1.39		
4	0.68	1.00	0.23	0.2307	23.07	1.15		1.15		
5	0.93	1.00	0.24	0.2447	24.47	1.15		5.83		
6	0.76	5.00	0.17	0.0331	3.31	1.18		4.19		
7	0.50	5.00	0.27	0.0534	5.34	0.49		1.30		
8	0.08	5.00	0.41	0.0828	8.28	0.03		1.23		
9	0.53	5.00	0.45	0.0892	8.92	0.47		0.00		
							SUMA:	19.36	0.00	0.00

Capacidad de azolve de la presa (m^3): 19.36
Azolve retenido (m^3): 0.00
Porcentaje de azolve retenido (%): 0.0
Azolve por retener (m^3): 0.00



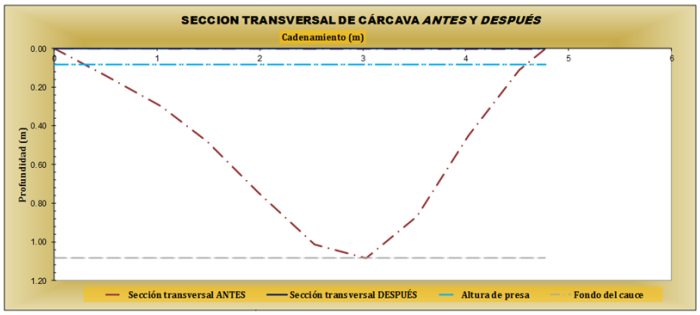


Figura 4. Control y seguimiento de retención de azolves en la Presa No.1.

Nombre	Sitio 3 (0+107) Lat. 17.47109 Long. -97.35527 CI	TI	L	TD	CD	Sitio 4 (0+165) Lat. 17.47131 Long. -97.35584 CI	TI	L	TD	CD
Dalea versicolor									1	1
Wigandia urens							1			
Mimosa lacerata					2					
Salvia melissodora	+				1	1				
Satureja mexicana									1	1
Castilleja tenuiflora										
Gymnosperma glutinosum		+		1	1	r				
Dodonaea viscosa						1				
Juniperus flaccida		+								
Rhus standleyi						1	r			
Baccharis heterophylla							2			

CI= Cima izquierda, TI=Talud izquierdo, L=Lecho, TD=Talud Derecho y CD=Cima Derecha.

Figura 5. Muestra de la composición de especies en dos sitios de muestreo.

Conclusiones

Las experiencias en retención de azolves y formación de terrazas para la producción de cultivos realizadas por pobladores de la Mixteca, han probado su eficiencia; sin embargo, estos sistemas han sido abandonados y están perdiendo su capacidad para retener los sedimentos por lo que las zonas de cárcavas han prevalecido. La microcuenca "Santa María Tiltepec", presenta alta densidad de cárcavas y las obras de bioingeniería representan una estrategia que se deben impulsar y valorar para determinar su eficiencia en la retención de azolves. Al reducir el crecimiento en las cárcavas, se favorecerá el establecimiento de la vegetación y se tendrán cárcavas estables.

Agradecimientos

Agradecemos al Proyecto Mixteca, impulsado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés) por el apoyo proporcionado para la realización de esta investigación.

Bibliografía

Bocco, G. y F. García O. 1992. Researching gully erosion in Mexico. Journal of Soil and Water Conservation. 47 (5): 365-367.

Burylo, M., F. Rey and P. Delcros. 2007. Abiotic and biotic factors influencing the early stages of vegetation colonization in restored marly gullies (Southern Alps, France). Ecological engineering. 30: 231-239.

Cebrián, E y E. Ballesteros. 2004. Zonation patterns of benthic communities in an upwelling area from the western Miditerranean (La Herradura, Alboran Sea). Scientia Marina Vol 68.

Comisión Nacional Forestal. 2007. Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de Obras y Prácticas. 3ra edición. México.

Desta, L. y B. Adugna. 2012. A Field Guide on Gully Prevention and Control. Nile Basin Initiative. Ethiopia.

Almorox, J. A., F. López B. y S. Rafaelli. 2010. La degradación de los suelos por erosión hídrica. métodos de estimación. Editum. Universidad de Murcia España. 384 p.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín de tierras y aguas de la FAO, 8. Roma, Italia.

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

Osman, K. T. 2013. Soil degradation conservation and remediation. Springer. 237p.

Ramírez L., A., H. Navarro G., A. Pérez O. y V. M. Cetina A. 2011. Experiencia organizativa para la reforestación con Pinus oaxacana Mirov. En suelos degradados de la mixteca oaxaqueña. Revista Mexicana de Ciencia Forestal, Vol. 2 Núm. 7.

Rey, F. and M. Burylo. 2014. Can bioengineering structures made of willow cuttings trap sediment in eroded marly gullies in a Mediterranean mountainous climate?. Geomorphology. 204: 564-572.

Rivas G., M., J. Palerm V., A. Muñoz O., J. Cuevas S. y T. Martínez S. 2006. "Las Jollas" en la mixteca oaxaqueña. Una técnica tradicional de captación de agua de lluvia para riego. Colegio de Postgraduados. México.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2012. Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. Edición 2012. México.

Zamora T., P. E. 2014. Identificación de áreas degradadas, por erosión en cárcavas, en el Eje Neovolcánico Mexicano. Tesis de Maestra en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 91 p.

ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA EROSIÓN HÍDRICA DE LOS SUELOS DE AGUASCALIENTES, MÉXICO

López-Santos, A[1] Martínez Santiago, S[1]; Meráz Jiménez, AJ[2] González Torres, JA[2]

[1]Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Km. 40 Carretera Gómez Palacio-Chihuahua. Bermejillo, Dgo. CP. 35230. CP #8. Tels.+52(872) 7760160,90 y fax (872) 776-0043
[2]Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Domicilio conocido, Municipio de Jesús María, Ags. Tel +52(449) 910-740

*Autor responsable: alopez@chapingo.uruza.edu.mx, Calle N 710. E. Guerra, Torreón, Coah. CP 27,280

Resumen

En la actualidad la erosión hídrica del suelo (EHS) es reconocida como el principal problema global en la degradación de la tierra, debido a que ésta problemática se ha exacerbado no solo por la acción antrópica, sino también por la intensificación de la variabilidad climática en años recientes. Algunos estudios han reportado que la EHS es la segunda causa de pérdida de suelo en México, y su influencia futura no ha sido suficientemente evaluada. Mediante procesos de modelación se determinó la distribución del impacto del cambio climático en la erosión hídrica de los suelos del Estado de Aguascalientes, México, con lo cual fue posible detectar zonas críticas de riegos futuros en el deterioro de los recursos naturales debido a la erosión de los suelos. Los resultados indican que dado el probable incremento de la lluvia en un 11% en el Escenario futuro A2 (2010-2039) respecto al histórico, la tasa de erosión hídrica laminar (TEHL) podría incrementarse en aproximadamente un 33% con respecto al histórico.

Palabras clave
Escenarios climáticos; degradación de la tierra; política ambiental

Introducción

En la actualidad la erosión hídrica del suelo (EHS) se reconoce como un problema global por sus implicaciones en la degradación ambiental, con impactos exacerbados no solo por la acción antrópica, sino también por la intensificación de la variabilidad climática. Stavi y Lal (2014) mencionan que la degradación actual de los recursos naturales alcanzan el 23% de la superficie mundial, con una tasa anual de pérdida de 5-10 millones de ha y la HES comprenden alrededor de 10.9 x 108 ha; para México se estima como la segunda causa de pérdida de suelo (SEMARNAT, 2008).

Para valorar dicha problemática se han empleado diversos modelos, donde destaca la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE, por sus siglas en inglés), la Ecuación Universal Revisada de Pérdida de Suelo (RUSLE, por sus siglas en inglés), Calculadora del Impacto de la Erosión en la Productividad (EPIC, por sus siglas en inglés) y el Proyecto de Predicción de la Erosión Hídrica (WEPP). Los métodos USLE y RUSLE han sido aceptados universalmente, debido a que pueden para monitorear erosión del suelo y sus resultados son indiscutibles (Sun et al., 2014)

Con base en lo anterior, los objetivos de la presente investigación fueron: 1) Determinar la distribución del impacto del cambio climático in la erosión hídrica del suelo del Estado de Aguascalientes, México; y 2) Advertir riegos futuros en el deterioro de los recursos naturales por el deterioro de los suelos.

Materiales y Métodos

El Estado de Aguascalientes, considerado como la unidad de estudio (UE) se localiza (Latitud entre 21.616° y 22.466° N; y Longitud entre -101.833° & -102.866° W) en la zona conocida como Región del "Bajío Mexicano". La UE cubre una superficie de 5,621 Km^2, donde predominan dos tipos de clima: BS (árido y semiárido) y Cw (subhúmedo), donde los valores promedio de lluvia y temperatura son 526 mm y 17.4 °C, respectivamente.

El estudio se basó en información de 17 Estaciones Climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (EC-SMN) enclavadas primordialmente en la UE. Una vez que la información climatológica fue analizada en términos de calidad fue empleada como base para crear series sintéticas mediante el empleo de LARS-WG (Long Ashton Research Station Weather Generator), permitiendo con ello crear escenarios climatológicos futuros en concordancia con lo descrito por Conde & Gay (2008), para el Cuarto Reporte de Valoración del IPCC (AR4, por sus siglas en inglés). Posteriormente, de acuerdo a la metodología descrita por López-Santos et al (2013) fueron modeladas algunas variables relacionadas con las características biofísicas (topografía, edafología y fisiografía) y actividades humanas (uso de la tierra) basadas en:

$$TEHL = IAP \times ISS \times ITS \times IUT \times ITF \qquad \text{(Ec 1)}$$

Donde TEHL, es la tasa de erosión hídrica laminar (t ha-1 año-1); IAP, es el índice de agresividad de la precipitación; ISS, es el índice de sensibilidad el suelo; índice de textura del suelo; IUT, es el índice de uso de la tierra; e ITFT, es el índice que relaciona topografía y fisiografía del territorio. Para ello, se determinó previamente el IAP (Ec 2) y el índice definido como periodo de crecimiento (PECRE, Ec, 3), para el que se requiere la precipitación media anual (PMA):

$$IAP = 1.244 \times PECRE - 14.7875 \qquad \text{(Ec 2)}$$

$$PECRE = 0.2408 \times PMA - 0.0000372 \times (PMA)2 - 33.1019 \qquad \text{(Ec 3)}$$

Finalmente, la magnitud de los cambios y el impacto del cambio climático en la UE, donde fue detectado espacialmente explícita, cambios y localizar impactos del histórico ($TEHL_H$) y para el futuro para el Escenario A2, periodo 2010-20139 ($TEHL_{ScA2}$).

Resultados y Discusión

La PMA analizada mostró que los cambios e impactos entre el histórico y el Escenario A2, podría tener un incremento promedio de 53.4 mm, lo que representa un incremento anual del 11.2%, incremento que se presenta de modo más marcado en el límite superior para los rangos comparados, ya que pasa de 647.9 a738.1 mm, representando una diferencia positiva de 13.9%, mientras que en el límite inferior podría ser de 5.3% (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis de cambios e impactos en la PMA para Aguascalientes en el Escenario A2.

	PMA		Impacto	
Rango	PMAH	PMA_{ScA2}	Cambio	IR
	---------- *mm* ----------		*%*	
Bajo	308.6	325.1	+16.5	5.3
Alto	647.9	738.1	+90.2	13.9
Promedio	*478.3*	*531.6*	*+53.4*	*11.2*

PMA_H = Precipitación media anual histórica; PMA_{ScA2} = Precipitación media anual en el escenarios A2; El signo positivo (+) indica incremento entre los límites bajo y alto como resultado de la diferencia entre PMA_{ScA2} y PMA_H (Impacto = PMA_{ScA2} – PMA_H); IR = Importancia relativa en porcentaje [IR = (Cambio/PMA_H) x 100].

Además de lo anterior, las imágenes raster de PMA_H y PMA_{ScA2} fueron segmentados en tres rangos con fines comparativos (a1 vs. b1; a2 vs. b2; a3 vs. b3), de tal forma que con ello fue posible analizar el impacto en cuanto a su distribución territorial en la UE, como se muestra a continuación (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis del impacto probable del cambio climático en Aguascalientes entre tres clases comparables

		---------- PMA ----------		------ Análisis de impactos y cambios ------				
Variable	Clase	Rango	Promedio	IFC	PCP	Área	PIRC	DEC
		---------- *mm* ----------			*%*	*Km²*	----- *%* -----	
PMA_H	a1	308.6 - 437.7	373.2			337.5	6.0	
	a2	437.8 - 520.2	479.0			3,153.5	56.1	
	a3	520.3 - 647.9	584.1			2,130.5	37.9	
PMA_{ScA2}	b1	325.1 - 437.7	381.4	8.3	+1.7	1,096.7	19.5	+13.5
	b2	437.8 - 520.2	479.0	0	0	2,510.2	44.7	-11.4
	b3	520.3 - 738.1	629.2	45.1	+9.4	2,014.6	35.8	-2.1

IFC = Impacto futuro por clase (b1 - a1; b2 - a2; b3 - a3); PCP = Proporción de cambio en la precipitación [PCP = (IFC/478.3)*100]; PIRC = Proporción del impacto relativo por clase [PIRC = (Área por clase/Área total)*100]; DEC = Diferencia entre clases; el signo positivo (+) o negativo (-) representa el impacto probable en el escenario futuro A2.

La estimación de impacto del cambio climático en TEHL fue analizado con base en las variables de entrada antes descritas, las cuales, una vez transformadas de imágenes vectoriales (shp) a ráster (vector ↔ raster), resultó en el cálculo de las tasas de erosión del suelo en el área de estudio mediante el empleo de la calculadora raster de Arc Gis 10.2 (Spatial Analysis Tools), cuya distribución espacial es la siguiente: para la clase 1 (ligera) se distribuye en los municipios de Jesús María, Tepezalá, Rincón de Romos, Cosío y Calvillo; Clase 2 (moderada), incluye partes de los siguientes municipios: Cosío, Rincón de Romos, Tepezalá, Pabellón de Arteaga, San Francisco de los Romo, Jesús María, Aguascalientes y Calvillo; In la clase 3 (alta), las áreas con mayor superficie están localizados en la parte Este de los municipios: Tepezalá, Asientos, y El Llano, y al Oeste Rincón de Romos, San José de Gracia, Jesús María y Calvillo; Finalmente, la Clase 4 (Muy alta) se encuentra primordialmente en San José de Gracia, Asientos y El Llano así como en una menor proporción los municipios: Jesús María, Cosío, Rincón de Romos, Tepezalá, Calvillo, Aguascalientes and San Francisco de los Romo (Figura 1).

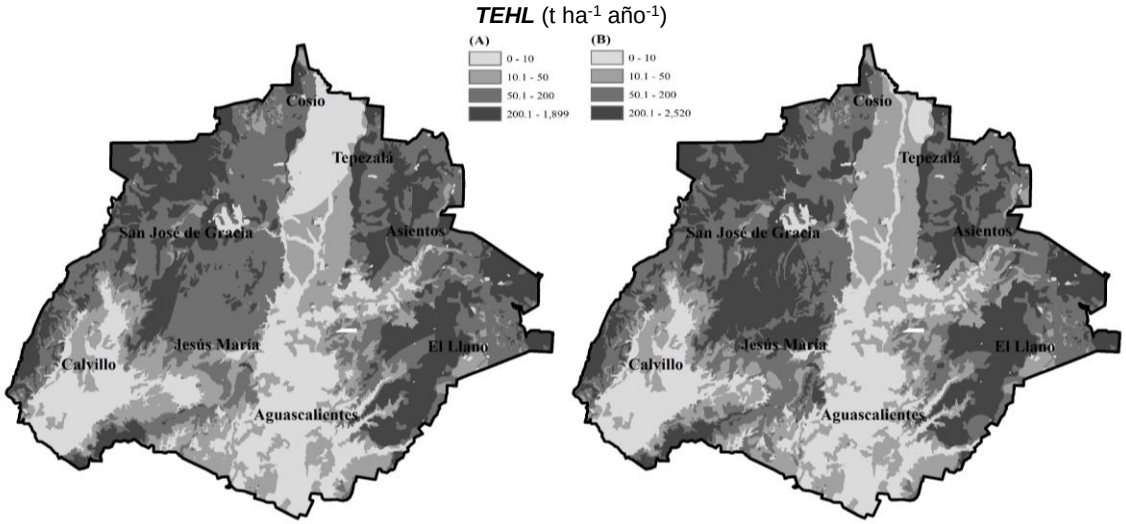


Figura 1. Distribución especial de cambios en la TEHL entre el histórico (A) y el Escenario futura A2 para el Estado de Aguascalientes.

La magnitud del impacto de la pérdida de suelo que podría ocurrir en un futuro próximo (2010-2039) es mayor que la reportada por Montes-León et al. (2011), como la erosión potencial extrema (> 250 t ha^{-1} $año^{-1}$) estimada para la Región Hidrológica No. 12 (RH12), que comprende el sistema hidrológico de la cuenca Lerma-Santiago, donde se encuentra el territorio de Aguascalientes. Este resultado, se considera posible, considerando los siguientes tres factores: 1) la tasa de erosión extrema no es exacto en el límite superior del rango reportado por dicho autor (Montes-León et al., 2011); 2) zonas con terreno ondulado, topografía abrupta y gestión deficiente, sujetos a lluvias torrenciales de temporada son generalmente más susceptibles a la erosión; y 3) los estudios en ambientes similares, como el reportado por Cardona et al (2007) sin tener en cuenta el cambio climático, mediante el empleo de USLE han reportado tasas de erosión de hasta 650 t ha^{-1} $año^{-1}$.

Conclusiones

La tasa de erosión calculada indica que para el futuro (2010-2039), si no es atendido a través de políticas, prácticas de prevención, conservación y protección de los recursos naturales, una capa de suelo que actualmente desempeña las funciones fundamentales de los servicios de los ecosistemas de estabilidad que proporciona y que representa una opción ingresos relacionados con las actividades primarias podría perderse.

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido posible gracias al apoyo otorgado por la Universidad Autónoma Chapingo, con aporte de fondos que destinados a la investigación científica durante 2014.

Bibliografía

Cardona M. A., J. A. R. Colmenero Robles, y M. de la L. A Valderrábano, 2007. La erosión hídrica del suelo en un contexto ambiental, en el Estado de Tlaxcala, México. Ciencia Ergo Sum-UAEM, 14, 3, 317-326.

Conde A. A. C., y Gay G. C. 2008. Guía para la generación de escenarios de cambio climático a escala regional. Ed. CCA-UNAM, México, D.F. 105p. Revised (02/09/2014) In: http://www.atmosfera.unam.mx/cclimat/Taller_CCA_INE_dic08/Guia_escenarios.pdf

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.

Montes-León M. A., E. M. Uribe-Alcántara, E. García-Celis. 2011. Mapa de Erosión Potencial. Tecnología y Ciencias del Agua, II, 1, 5-17.

SEMARNAT, 2008. Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México 2008. Impreso en México, 380 p. ISBN 978-968-817-910-9

Semenov, M. A.; Brooks, R. J.; Barrow, E. M. and Richardson, C. W. 1998. Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators in diverse climates Climate Research 10, 95-107.

Stavi I, and, Lal R (2014) Achieving Zero Net Land Degradation: Challenges and opportunities Journal of Arid Environments 1-8. Doi:org/10.1016/j.jaridenv.2014.01.016

Sun W., Q. Shao, J. Liu, J. Zhai. 2014. Assessing the effects of land use and topography on soil erosion on the Loess Plateau in China. Catena, 121, 151-163. http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2014.05.009

EL MANEJO HOLÍSTICO COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE, ORDENAMIENTO ECOLÓGICO TERRITORIAL DE UNA SUBCUENCA DEL NORTE DE MÉXICO

Villarruel-Sahagún L[1 y 2], Troyo-Diéguez E[1*], Gutiérrez-Ruacho OG[2], Aguirre-Ibarra, IA[3], Nieto-Garibay A[1], Esqueda M[4], Murillo-Amador B[1], Beltrán-Morales FA[5]

[1]Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, B.C.S., México.
[2]Universidad Estatal de Sonora, Hermosillo, Sonora, México.
[3]La Inmaculada de los Aguirre, S.P.R. de R.I., Pitiquito, Sonora. México.
[4]Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Hermosillo, Sonora, México.
[5]Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, B.C.S., México.

* Autor para correspondencia (etroyo04@cibnor.mx, po59lo@gmail.com) Calle: Instituto Politécnico Nacional 195, Col.: Playa Palo de Santa Rita Sur, La Paz, B.C.S., México. C.P. 23096. Tel. +52(612)-123-8484

Resumen

El **Ordenamiento Ecológico Territorial** es el *instrumento de la legislación ambiental mexicana para planear y programar el uso del suelo y las actividades productivas, así como la ordenación de los asentamientos humanos y el desarrollo de la sociedad, en congruencia con la vocación natural del suelo, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la protección de la calidad del medio ambiente en el territorio. En este se consideran la naturaleza y características de cada ecosistema, la vocación de cada zona o región en función de sus recursos naturales, así como los desequilibrios en el medio ambiente ocasionados por las actividades productivas y por efecto de la localización de los asentamientos humanos*. El **Proceso de Ordenamiento Ecológico** es el *"conjunto de procedimientos para la formulación, expedición, ejecución, evaluación y modificación de los programas de ordenamiento ecológico"*, y la finalidad es analizar y concertar acciones entre los diferentes sectores que muestran interés en la región. El objetivo fue identificar las Unidades de Gestión Ambiental (UGAs), de la Subcuenca La Haciendita, Mátape, Sonora. El Ordenamiento se realizó en base al Análisis de Aptitud de Uso del Suelo, a través del cual se definieron 7 sectores y 16 subsectores económicos, de los cuales se obtuvieron 16 mapas de aptitud y un mapa de 16 UGAs. El sector turismo no se utilizó en el Análisis de Aptitud de Uso del Suelo, por el tamaño de los espacios (no susceptibles de cartografiar, el área mínima cartografiable es de 2,500 m^2).

Palabras clave
Ordenamiento Ecológico Territorial; Análisis de Aptitud de Uso del Suelo; Unidad de Gestión Ambiental

Introducción

El **Ordenamiento Ecológico Territorial** es el *instrumento de la legislación ambiental mexicana para planear y programar el uso del suelo y las actividades productivas, así como la ordenación de los asentamientos humanos y el desarrollo de la sociedad, en congruencia con la vocación natural del suelo, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la protección de la calidad del medio ambiente en el territorio. En este se consideran la naturaleza y características de cada ecosistema, la vocación de cada zona o región en función de sus recursos naturales, así como los*

desequilibrios en el medio ambiente ocasionados por las actividades productivas y por efecto de la localización de los asentamientos humanos (Valdivia, 1993; SEMARNAT, 2006).

Una parte fundamental de los estudios de ordenamiento ecológico es la consideración de los intereses de los sectores productivos y los impactos ambientales que sus actividades producen. Los impactos ambientales generan conflictos intersectoriales que se deben a los diferentes valores y percepciones que sobre la calidad ambiental tienen los distintos grupos sociales (Bojórquez *et al.,* 1997; SEMARNAT, 2006).

De esta manera, los valores e intereses sectoriales generan conflictos ambientales (Crowfoot y Wondolleck, 1990, citado por Bojórquez et al., 1994; SEMARNAT, 2006). Estos conflictos aparecen porque las actividades de un sector socioeconómico o actor social producen impactos ambientales negativos a otros actores sociales. Consecuentemente, el análisis de aptitud debe proveer información para seleccionar los usos de la tierra que reduzcan los conflictos intersectoriales (Bojórquez et al., 1994; SEMARNAT, 2006). El ordenamiento ecológico, a través de análisis interdisciplinarios, sirve para resolver, prevenir y minimizar conflictos ambientales (Bojórquez et al., 1997; SEMARNAT, 2006). Siguiendo el concepto de uso múltiple (Brooks et al., 1991, citado por Bojórquez et al., 1994; SEMARNAT, 2006), los conflictos ambientales son identificados si un paisaje terrestre es apto para varios usos del suelo que sean competitivos. Además, la Ley Forestal ordena a la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) el manejo integral de los recursos forestales mediante acciones de ordenación ecológica, uso múltiple, conservación y protección ambiental (Bojórquez, 1990; SEMARNAT, 2006).

El **Proceso de Ordenamiento Ecológico** es el *"conjunto de procedimientos para la formulación, expedición, ejecución, evaluación y modificación de los programas de ordenamiento ecológico"*, y la finalidad es analizar y concertar acciones entre los diferentes sectores que muestran interés en la región (SEMARNAT, 2006).

Materiales y Métodos

Se hizo a través del Análisis de Aptitud del Uso del Suelo, para definir los sistemas productivos para la misma, y de esta manera obtener las Unidades de Gestión Ambiental (UGA). Para este análisis de la Subcuenca de La Haciendita se implementó la siguiente metodología:

1. Caracterización del área en escalas 1:50,000 y 1:10,000
2. Análisis de Aptitud del Uso del Suelo
   2.1. Definición y priorización de atributos ambientales: Esta fue realizada a partir de información proporcionada en la consulta a la comunidad, se generaron los usos generales por sector y subsector, así como la ponderación para cada uno de los atributos ambientales.
   2.2. Conversión de atributos en mapas.
   2.3. Estandarización de mapas: Los mapas fueron estandarizados en 3 clases. Los mapas se dividieron en tres rangos, el más apto, clase Alta fue marcada con color verde, la clase intermedia, Media fue marcada con color amarillo, y la clase Baja fue marcada con color rojo;
   2.4. Validación inicial de los mapas de aptitud sectorial: Los mapas resultantes fueron analizados y cuando hubo rectificaciones, se hicieron los ajustes apropiados o se dejó pendiente por ausencia de alguna variable;
   2.5. Unión de los mapas sectoriales: con dos rangos, el alto y el intermedio.

3. Propuesta

3.1. Zonificación a través de la modificación del Mapa fisiográfico escala 1:10,000, y unión con el mapa de aptitud potencial del sector minero: El mapa fisiográfico escala 1:10,000, de 12 polígonos fue modificado, quedando con 18 polígonos y este se unió al mapa de aptitud potencial de minería con aptitud alta, generándose un mapa con 19 polígonos en total, esto con la finalidad de separar las áreas que potencialmente pueden generar conflicto con los demás sectores productivos; el cual se utilizó al final para obtener las Unidades de Gestión Ambiental (UGAs).

3.2. Unión del mapa fisiográfico con 19 polígonos con el mapa de las uniones de los mapas sectoriales: Este último se unió al último mapa generado en las uniones de los mapas sectoriales.

3.3. Revisión de las UGAs: Se revisaron cada una de las UGAs, para encontrar las diferencias entre ellas, las que no presentaron diferencias se unieron.

Resultados y Discusión

1. Caracterización del área en escalas 1:50,000 y 1:10,000

Con el mapa de topografía, se obtuvo el modelo digital de elevación (MDE) con un pixel de 1 m x 1 m, los mapas de aspecto y de pendientes. Con el mapa de aspecto y la imagen de satélite SPOT 2011, se digitalizaron los mapas de fisiografía, suelos y vegetación en escala 1:10,000, para de ahí generar los mapas de aptitud en esta escala de trabajo, además del mapa de geología en escala 1:50,000

2. Análisis de Aptitud del Uso del Suelo

2.1. Definición y priorización de atributos ambientales: En el Cuadro 1, se presentan los Sectores y subsectores económicos involucrados y en el Cuadro 2, los atributos considerados para cada sector y subsector.

Cuadro 1. Sectores y subsectores económicos involucrados en el Ordenamiento Ecológico Territorial para la Subcuenca La Haciendita.

SECTOR	CLAVE	SUBSECTOR	SECTOR	CLAVE	SUBSECTOR
Agricultura	AGT	Temporal	Conservación	CBT	Bosques templados
Cinegético	AAM	Aves acuáticas migratorias		CEN	Especies NOM
	AVT	Aves terrestres		CPA	Pastizales
	GUA	Guajolote silvestre		EAD	Ecosistemas Agua Dulce
	MAM	Mamíferos menores	Forestal	CHI	Chiltepín
	VBU	Venado bura		LCP	Leña, Carbón y Postes
	VCB	Venado cola blanca	Ganadería	GAE	Extensiva
Conservación	CBS	Bosques secos	Minería	MIN	Minería

Cuadro 2. Sector, subsectores, atributos, descripción y ponderación, utilizados para generar los mapas para el Análisis de Aptitud de Uso del Suelo.

Sector	Clave Subsector	Atributo Ambiental	Descripción	Ponderación
Agricultura	AGT	Suelos productivos	Suelos Fluvisoles y Xerosoles	1
		Pendiente del terreno	Pendiente del terreno menor de 15%	2
Cinegético	AAM	Vegetación deseable	Vegetación de galería y cuerpos de agua	1
	AVT	Vegetación deseable	Toda la vegetación	1
	GUA	Vegetación deseable	Bosque de encino	1
		Topografía	Altitud ≥ 1000 msnm	2
	MAM	Vegetación deseable	Toda la vegetación	1
	VBU	Vegetación deseable	Matorrales: espinoso, mezquital, selva baja caducifolia,	1
		Área Agrícola	Área Agrícola	2
	VCB	Vegetación deseable	Toda la vegetación	1
Conservación	CBS	Tipo de vegetación	Selva baja caducifolia y matorral subtropical	1
	CBT	Tipo de vegetación	Bosque de encino	1
	CEN	Presencia de especies en listas de interés ecológico	Mapas de distribución de la mayor densidad de 16 especies terrestres de la NOM-059-SEMARNAT-2010	1
	CPA	Tipo de vegetación	Pastizal nativo	1
	EAD	Presencia de cuerpos de agua	Manantiales, presas, represos, aguajes y arroyo perenne	1
Forestal No Maderable	CHI	Especie de interés: chile chiltepín	Se ubicaron áreas con cobertura de selva baja caducifolia, matorral subtropical y mezquital	1
	LCP	Especies de interés: encino y mezquite	Se ubicaron áreas con cobertura de encino y mezquite.	1
Ganadería	GAE	Vegetación deseable	Especies palatables (gramíneas): pastizales, selva baja y matorrales semidesérticos	1
		Pendiente del terreno	Pendiente del terreno menor de 15%	2
Minería	MIN	Lotes mineros	Concesiones mineras	1
Turismo	Turismo	No se generaron mapas para el sector.		

2.2. Conversión de atributos en mapas: Se convirtió la información de los atributos en mapas binarios (0, 1).

2.3. Estandarización de mapas: Los mapas fueron estandarizados en 3 clases. Se dividieron en tres rangos: el más apto, clase Alta color verde, la clase Media color amarillo y la clase Baja color rojo;

2.4. Validación inicial de los mapas de aptitud sectorial: Los mapas resultantes fueron analizados y se hicieron los ajustes apropiados

2.5. Unión de los mapas sectoriales: con dos rangos, el alto y el intermedio.

3. Propuesta

3.1. Zonificación a través de la modificación del Mapa fisiográfico escala 1:10,000, y unión con el mapa de aptitud potencial del sector minero: El mapa fisiográfico escala 1:10,000, de 12 polígonos fue modificado, quedando con 18 polígonos y este se unió al mapa de aptitud potencial de minería con aptitud alta, generándose un mapa con 19 polígonos en total, esto con la finalidad de separar las áreas que potencialmente pueden generar conflicto con los demás sectores

productivos; el cual se utilizó al final para obtener las Unidades de Gestión Ambiental (UGAs).

3.2. Unión del mapa fisiográfico con 19 polígonos con el mapa de las uniones de los mapas sectoriales: Este último se unió al último mapa generado en las uniones de los mapas sectoriales.

3.3. Revisión de las UGAs: Se revisaron cada una de las UGAs, para encontrar las diferencias entre ellas, las que no presentaron diferencias se unieron. Quedando al final un mapa con 16 UGAs.

Conclusiones

El orden de los sectores y subsectores que se presenta no tiene ninguna prioridad, es solo un orden alfabético. La prioridad en cuanto al aprovechamiento de alguno de los sectores y subsectores se deja a la preferencia del propietario de la tierra, se le informa de cuáles son las actividades productivas que se pueden desarrollar con el mínimo de capital, en su propiedad, sea esta ejidal o privada. Se tomó la decisión de hacerlo de esta manera, ya que facilita la toma de decisiones para el grupo de trabajo, para la autoridad rectora – ya que es un instrumento de planeación, y además para el titular del terreno. Los mapas resultantes del análisis de aptitud son mapas potenciales, ya que son una propuesta de las actividades económicas que pueden desarrollarse en base a las características y a los recursos naturales presentes en el área. Se obtuvieron 16 mapas de aptitud y un mapa de 16 UGAs. El sector turismo no se utilizó en el Análisis de Aptitud de Uso del Suelo, por los espacios (no susceptibles de cartografiar, el área mínima cartografiable es de 2,500 m^2).

Agradecimientos

Se agradece a los profesores y estudiantes de la carrera de Licenciado en Ecología de la UES, y al personal técnico del CIBNOR, Dr. Arturo Cruz Falcón, M.C. Álvaro González Michel y Técnico Juan Ernesto Vega Mayagoitia, el apoyo otorgado. Este trabajo fue financiado por el Fondo Sectorial para la Investigación básica CONACyT-SEP, mediante el Proyecto "Determinación y construcción de indicadores de la huella hídrica y desertificación" núm. reg. 0134460, clave 180 C.

Bibliografía

Bojórquez T., L.A., E. Ongay-Delhumeau and E. Ezcurra. 1994. Multivariate approach for suitability assessment and environmental conflict resolution. J. of Environmental Management. 41: 187 - 198.

Bojórquez T., L.A., S. Díaz M. y R. Saunier. 1997. Ordenamiento ecológico de la Costa Norte de Nayarit. Ferrándiz. S.A. Organización de los Estados Americanos. Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente. Instituto de Ecología UNAM. México. 80 pp.

SEMARNAT. 2006. Manual del Proceso de Ordenamiento Ecológico. Instituto Nacional de Ecología. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. 335 p.

Valdivia L., R. 1993. Unidad 1. Política Ambiental Nacional en Materia de Ordenamiento Ecológico. Tema 7. Ordenamiento General del Territorio del País. Curso de Capacitación en Materia de Ordenamiento Ecológico. Programa Ambiental de México. Secretaria de Desarrollo Social. Instituto Nacional de Ecología. Dirección General de Planeación Ecológica. México. 1 - 18.

LEGUMBRES DE USO EN ÁREAS DE CENTRO DE RECUPERACIÓN DEGRADADO EN GILBUÉS-PI

Souza Lago, A[1*]; Freitas Iwata, B[2]; Barbosa Santos R[3] ; Moreira Timoteo, M [4]; Gutier Ailan Costa,T [5];Silva Lima, P[6]

[1]Instituto Federal do Piauí, Campus Corrente-Brasil, académico de la tecnología en curso de Gestión Ambiental
[2] Instituto Federal do Piauí, Campus Corrente-Brasil, professora. Dr. de la tecnología en curso de Gestión Ambiental
[3]Instituto Federal do Piauí, Campus Corrente-Brasil, académico de la tecnología en curso de Gestión Ambiental
[4] Instituto Federal do Piauí, Campus Corrente-Brasil, académico de la tecnología en curso de Gestión Ambiental
[5]Instituto Federal do Piauí, Campus Corrente-Brasil, académico de la tecnología en curso de Gestión Ambiental
[6] Instituto Federal do Piauí, Campus Corrente-Brasil, académico de la tecnología en curso de Gestión Ambiental

* Contato autor**:** alessandralagosm@gmail.com; Rua 6, Bairro Nova Corrente, Corrente, Piauí. Brasil. CP 64.980-000; Brasil; +55 (89) 9913 3801

Resumen

Conocer el origen de la degradación ambiental, la identificación y la evaluación de su impacto en el medio ambiente, que proporcionará las condiciones para que pueda ser prevenida. Así que hoy no se puede dejar de mencionar la posibilidad de crecer árboles leguminosos para su uso en la recuperación de áreas degradadas, como alternativa a los problemas de la pérdida de productividad y la degradación del suelo. El uso de pulsos para recuperar áreas dañadas tiene varias ventajas debido a la existencia de un gran número de especies que se producen en diferentes regiones de Brasil y la relativa facilidad en la obtención de semillas. El reclamo requiere tiempo y recursos. Por lo tanto, con el fin de Revegetar la zona fue devuelto a la NUPERADE (Centro de Recuperación y áreas degradadas Gilbués - PI) dos especies de árboles de Leucaena (Leucaena leucocephala (Lam) de Wit.) Y Habas - Guandu [Cajanus cajan (L.) Millspaugh], con el fin de demostrar el potencial de árboles leguminosos para recuperar áreas degradadas. El experimento se llevó a cabo (24) plantas / especie. Al estar dividido en seis (6) paquetes que contienen los (4) cuatro plantas en tramos, para un total de 24 plantas. Es una porción de Frijoles Guandu y otra de leucaena. Para la preparación y cultivo del suelo no se utilizan para agroquímicos o correctivo. que luego se plantaron en la zona degradada directamente. Entonces, las plantas se dividen en 9 parcelas de 1 m, con 4 m de ancho y 9 metros de largo cada uno. Dentro de las parcelas tumbas se abrieron manualmente, 20 cm^2, en el espaciamiento de 1 x 1 m en cuotas entre las parcelas 1 x 1 m. En vista del deterioro de las condiciones en las que se introdujeron estas plantas, se puede considerar que el frijol - gandul tuvo un buen desarrollo en la zona núcleo degradado en comparación con leucaena (Leucaena leucocephala), que tuvo un menor crecimiento. Se observó que los granos - gandul (Cajanus cajan) tiene el mayor potencial para la revegetación de áreas degradadas.

Palabras clave
La degradación del suelo; degradación del medio ambiente, las especies de árboles.

Introducción

Conocer el origen de la degradación ambiental, la identificación y la evaluación de su impacto en el medio ambiente, que proporcionará las condiciones para que pueda ser prevenida. Por otra parte, este conocimiento permite la determinación de los procedimientos para elegir la recuperación más favorable medios para obtener resultados efectivos (Souza, 2004).

La recuperación de la hora de crear las condiciones para el restablecimiento de las redes complejas de relaciones ecológicas entre suelo, plantas, animales y micro-clima, que permite el reequilibrio dinámica de la naturaleza en áreas ya desprovistos de estas condiciones (SRIA et al., 1999). Para ello se aplican técnicas que permiten la restauración de áreas degradadas de vegetación, entre ellos, existe la posibilidad de utilizar hasta fértiles sitios capas de suelo que fueron utilizados como áreas prestado en la construcción de diques o presas, que consiste en la remoción y almacenamiento horizontes superficais del suelo caracterizan principalmente por la existencia de la materia orgánica y la actividad biológica (KNOWLES 1992).

Así que hoy no se puede dejar de mencionar la posibilidad de crecer árboles leguminosos para su uso en la recuperación de áreas degradadas, como alternativa a los problemas de la pérdida de productividad y la degradación del suelo. El uso de leguminosas fijadoras de nitrógeno se ha defendido como una manera de acelerar la incorporación de materia orgánica y nitrógeno en el suelo con el fin de hacer que los sistemas más sostenibles (Franco y FARIA, 1997).

El uso de pulsos para recuperar áreas dañadas tiene varias ventajas debido a la existencia de un gran número de especies que se producen en diferentes regiones de Brasil y la relativa facilidad en la obtención de semillas. Pero las principales especies de preferencia por el uso de las plantas leguminosas se debe a la característica especial de que poseen en relación a otras plantas, que es la capacidad para asociarse con los microorganismos del suelo, tales como bacterias fijadoras de nitrógeno, lo que convierte el nitrógeno del aire en compuestos nitrogenados asimilable por las plantas y puede hacer en planta parcial o totalmente independiente de la alimentación externa de este nutriente Azevedo (2007).

Cuando se inicia un proceso de regeneración, ve a la producción y la mejora de las cualidades físicas, químicas y biológicas del suelo, y mejorar el aporte de materia orgánica y otros nutrientes. El restablecimiento de la vegetación dirigida al uso de especies de crecimiento rápido que son capaces de mejorar el suelo del depósito de nutrientes y materiales de reciclaje orgánicos.

El reclamo requiere tiempo y recursos. Por lo tanto, el crecimiento inicial de dos especies de árboles reintroducidas en zona degradada NUPERADE (Centro de Recuperación y áreas degradadas Gilbués - PI) orientadas a demostrar el potencial de árboles leguminosos para recuperar áreas degradadas.

Materiales y métodos

La encuesta se realizó en el municipio de Gilbués en la región suroeste del estado de Piauí, considerada como la principal área degradada en el estado de Piauí, con el objetivo de recuperar las zonas de la región, se estableció en 2003, el Centro de Investigación para el área de recuperación Desertificación degradada y el Combate (NUPERADE) en el municipio de Gilbués-PI (9º45'55 "S, 45º21'00" W), el área principal de este estudio.

Los suelos de la región de la alteración de la piedra arenisca, conglomerado, pizarra, piedra caliza, limolita y silexito, son gruesas, joven, con influencia del material subyacente, principalmente la Alic o distrófica latosol amarilla de textura media, asociada con arena de cuarzo y / o concrecionario podzolico rojo-amarillo, plíntico o no plíntico. La vegetación a su vez es semideciduo tropical de sabana y bosques Cocais (Jacomine et al., 1986). El clima es Aw, megathermal en el sistema de Koppen, con estrés hídrico moderado en invierno temperatura de 26,5 ° C, la precipitación anual

promedio de 1200 mm, con la temporada de lluvias de octubre a abril significa, y el barrio más lluviosa concentra entre enero y marzo (Medeiros, 1996).

Con el fin de proponer una alternativa eficaz y viable para la recuperación de áreas degradadas se probaron especies de leguminosas. Las especies utilizadas en esta investigación fueron: leucaena (Leucaena leucocephala (Lam) de Wit.) Y Habas - Guandu [Cajanus cajan (L.) Millspaugh]. En el que el experimento se llevó a cabo (24) plantas / especie. Al estar dividido en seis (6) paquetes que contienen los (4) cuatro plantas en tramos, para un total de 24 plantas. Es una porción de Frijoles Guandu y otra de leucaena. Para la preparación y cultivo del suelo no se utilizan para agroquímicos o correctivo. que luego se plantaron en la zona degradada directamente. Entonces, las plantas se dividen en 9 parcelas de 1 m, con 4 m de ancho y 9 metros de largo cada uno. Dentro de las parcelas tumbas se abrieron manualmente, 20 cm^2, en el espaciamiento de 1 x 1 m en cuotas entre parcelas de 1 x 1 m (Figura 1).

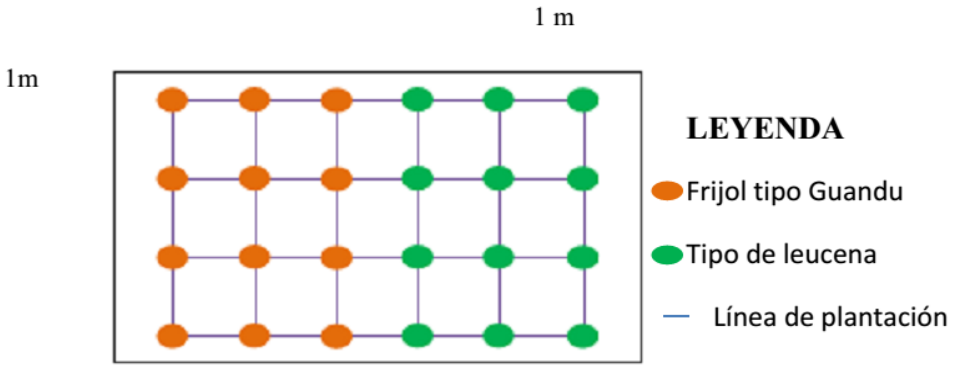


Figura 1. Esquema del experimento de campo.

Resultados y discusión

Se observó que las semillas de la especie de guisante habas paloma (*Cajanus cajan*) pertenece a la familia Fabaceae, subfamilia Faboideae, Phaseoleae tribu y subtribu Cajaninae (Santos et al., 2000) fue el que más resistencia (Figura 1). En vista del deterioro de las condiciones en las que se introdujeron estas plantas, se estima que estos alcanzaron un buen desarrollo en el área de núcleo degradado en comparación con leucaena (*Leucaena leucocephala*) que tenía un menor crecimiento, que puede explicarse como una especie presentando todo su potencial en suelos tropicales con pH casi neutro (NAS, 1977) citado por (FRANCO & SOUTO, 1986) que no se corresponde con las características locales donde se inserta. El guandul ha sido una opción prometedora utilizado en varios estudios, con resultados significativos (Beltrame y Rodrigues, 2007; Nascimento e Silva, 2004).

El crecimiento de la leucaena se observó también por Silva y Mendonca (1997), al comparar el desempeño de este tipo con el gliricidia en suelos de mesa, donde observaron que crecieron mucho menos situación similar que ocurrió en el Centro ya los tenían leucenas rendimiento poco.

El sistema radicular profundo y la rama de gandul que sea capaz de soportar el estrés hídrico, lo que permite quiebre endurecido capas de tierra, llamados "arar", una característica que le valió el nombre de "arado biológico" y mejorador suelo, ya sea mediante la incorporación de materia

orgánica con altos contenidos de nitrógeno o la capacidad de extracción de fósforo en los suelos, que no se muestra por otras culturas (Nene y Sheila, 1990)

Se han seleccionado estas especies porque tienen algunas características favorables para la recuperación de áreas degradadas, como el crecimiento rápido, la absorción de nitrógeno por las hojas y su fijación en el suelo, una mayor protección del suelo con sus corazones a través de sus hojas, sistema de la raíz (root y de giro) y adaptabilidad al tipo de suelo (Pereira, 2008), y son muy comunes en la región.

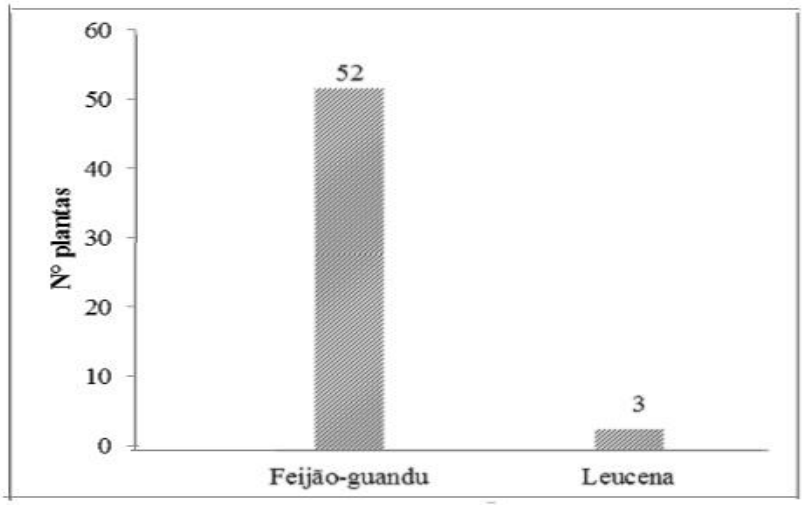


Gráfico 1. Crecimiento de las leguminosas en el área de estúdio.

Conclusiones

La mejor supervivencia y crecimiento con mayor potencial para la revegetación de áreas degradadas en la región fueron los frijoles - gandul (Cajanus cajan).

Agradecimientos

Dios mío, mis pequeños amigos de la "Soil amo", sobre todo el maestro Bruna Iwata.

Bibliografia

AZEVEDO, R.L.; RIBEIRO, G.T.; AZEVEDO, C.L.L. Feijão Guandu: Uma Planta Multiuso. Revista da Fapese, v.3, n. 2, p. 81-86. 2007.

BELTRAME, T.P.; RODRIGUES, E. Feijão guandu (Cajanus cajan (L.) Millsp.) na restauração de florestas tropicais. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 28, n. 1, p. 19-28, jan./mar. 2007.

KNOWLES, O. H. Planejamento Gerencial Aplicado na Recuperação de Áreas Degradadas. In:Simpósio Nacional Sobre Recuperação de Áreas Degradadas. Trabalhos voluntários. Curitiba. Anais... Curitiba 1992, 520 p. FRANCO, A.A. AND

MEDEIROS, R. M. Isoietas mensais e anuais do Estado do Piauí. Teresina: Secretaria de Agricultura, abastecimento e Irrigação – Departamento e Hidrometeorologia, 1996. 24p.

NASCIMENTO, J.T.; SILVA, I. de F. da. Avaliação quantitativa e qualitativa da fitomassa de leguminosas para uso como cobertura de solo. Ciência Rural, v. 34, n. 3, p. 947-949, 2004.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1977. Leucena: Promissing forage and tree crop for the tropics. Woshington, D. C., 100 p. In: FRANCO, A. A. e SOUTO S. M., Leucaena leucoccephala - uma leguminosa com múltiplas utilidade para os trópicos. 1986, 7 p. (EMBRAPA-CNPBS. Comunicado Técnico, 2).

NENE, Y.L.; HALL, S. D.; SHEILA, V.K. (Eds). The Pigeonpea. Cambridge: CAB International / ICRISAT, 1990. p. 21-34.

PEREIRA, A. R. Como selecionar plantas para área degradadas e controle de erosão**.** Belo Horizonte: Editora FAPI, 2008.239p.

REIS, A., ZAMBONIN, R. M.; NAKAZONO, E. M. Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal. Série Cadernos da Biosfera 14. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Governo do Estado de São Paulo. São Paulo, 1999. 42 p.

RODRIGUES, Valdemar. Situação de desertificação no estado do Piauí. In: SEMA. Seminário sobre desertificação no nordeste: documento final. Brasília, 1986. 30p.

SANTOS, C. A. F. GUANDU PETROLINA: Opção na Produção de Grãos para a Agricultura Familiar. Petrolina EMBRAPA/CPATSA, 2000. 6 p. (Instruções Técnicas, 46).

SILVA, L. F.da; MENDONÇA, J. R. Comportamento da Gliricidia (G. sepium) em solos de tabuleiro do sul da Bahia. Revista árvore, Ilhéus Cepac/centro de pesquisa do cacau, 1997. 15p.

SOUZA, M.N. Degradação e recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável. 2004. Viçosa: UFV, Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa. 2004.

VENTAJAS DE LA SIEMBRA EN SECO EN TRIGO EN EL SISTEMA DE SIEMBRA DIRECTA. VALLE DEL YAQUI, SONORA

Ortiz-Avalos, AA[1]; Cortés-Jiménez, JM[1]; Loredo-Osti, C[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle del Yaqui. Calle Norman E. Borlaug km 12, A.P. 515, C.P. 85000, Cd. Obregón, Sonora, México, Tel. 0155 3871 8700 Ext. 81224.
[2]Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Km. 14.5 Carretera San Luis Potosí, Matehuala, Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, S.L.P., Apdo. Postal 32, CP. 78321, Tel. (444) 852-40-56 al 60

*Autor responsable: ortiz.alma@inifap.gob.mx; Calle Norman E. Borlaug km 12, C.P. 85000, Cd. Obregón, Sonora, México, Tel. 0155 3871 8700 Ext. 81224.

Resumen

Se comparó la siembra en húmedo y siembra en seco de trigo en un sistema de siembra directa. Además, como dato adicional, se determinó el contenido de humedad del suelo antes del primer riego de auxilio. Los resultados indicaron 458 kg ha^{-1} a favor de la siembra en seco, lo que implica un ingreso extra de $1,960.00 pesos por hectárea al sembrar bajo esta modalidad, considerando el precio actual de trigo en $4,300 pesos por tonelada. El rendimiento de paja reportó diferencias significativas también a favor de la siembra en seco; el peso hectolítrico reportó un valor de 80.64 y 79.40 kg hL^{-1} para la siembra en húmedo y en seco respectivamente, lo que indica que ambas siembras cumplen con los parámetros establecidos por la Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo, ya que al el trigo cristalino, al estar en un rango de entre 78 a 85.2 kg hl^{-1}se considera aceptable. El mayor valor de humedad en el suelo, se reportó en la siembra en seco. Se concluyó para esta evaluación que la siembra en seco resultó más rentable que la siembra en húmedo.

Palabras clave
Siembra en seco, siembra directa, rendimiento

Introducción

Se han propuesto diversas prácticas de laboreo del suelo con el objeto de disminuir los costos de la preparación, para conservar la humedad del perfil, y principalmente para prevenir la erosión hídrica y eólica. La cero labranza o siembra directa y la mínima labranza, han resultado ser las técnicas conservacionistas más utilizadas y difundidas, aunque en nuestro país, debido a las particularidades de los suelos, es necesario probar sus ventajas en cuanto al aumento de la retención de humedad en el suelo, que tendría, como consecuencia, un aumento en la eficiencia de uso de este recurso al aumentar la relación entre rendimiento y agua utilizada por el cultivo (Uribe y Rouanet, 2002). Durante los últimos 30 años, en áreas cada vez mayores de América Latina ha habido una revolución en las prácticas agrícolas. La adopción de métodos de labranza cero o siembra directa para la producción de cultivos por parte de un gran número de agricultores proporciona una validación convincente del valor de esta forma eficiente de agricultura de conservación

en lo que se relaciona con los aspectos agronómicos, ambientales, económicos y sociales. (Shaxon y Barber, 2005). La siembra directa, promueve la infiltración del agua de lluvia en el lugar en que esta cae y su retención en el suelo, así como su uso más eficiente y de los nutrientes del suelo que conducen a una producción más sostenible.

La siembra directa es parte de un sistema integral de producción de granos que evolucionó hacia la implantación del cultivo sin remoción de suelo y con una cobertura permanente del suelo con residuos de cosecha (INTA, 2011). La investigación y transferencia de tecnología con métodos de labranza en trigo, en el Valle del Yaqui, de tecnología con métodos de labranza en trigo, permitió determinar que la preparación del suelo no tiene ningún efecto sobre el rendimiento de trigo y sólo contribuye a incrementar los costos de producción. Con esta información, fue posible definir que es más fácil que el agricultor deje de usar labranza primaria y utilice la secundaria a base de rastreo, que cambiar directamente a labranza de conservación o siembra directa (Cortés, 2010).

En el Valle del Yaqui, Sonora se han realizado una serie de estudios en donde se han visto las bondades de la siembra directa y de igual manera se ha estudiado el por qué el productor no se decide a adoptar esta tecnología. Durante el ciclo 2013-14, se demostró la siembra directa de trigo en forma tradicional, en seco, en suelos de aluvión del valle del Yaqui, la cual se comparó contra la preparación con tres rastreos, los resultados indicaron una producción de 10.275 y 9.531 ton ha^{-1}, respectivamente (Cortés y Ortiz, 2014). Durante el ciclo agrícola 2013-2014, en el Valle del Yaqui, se establecieron 320 hectáreas en siembra directa, con muy buenos resultados en la producción y calidad del cereal, lo que derivó en el crecimiento alcanzado llegando en el 2014-2015 a 1,030 hectáreas http://www.diariodelyaqui.mx/secciones/agricola/88291-siembra-directa-una-alternativa-altamente-rentable.

La siembra directa es la base de la agricultura de conservación, por lo que es recomendada como una estrategia de mitigación del cambio climático, que puede ser practicada en grandes y pequeñas extensiones agrícolas (Cortés, 2010). Como se puede observar el sistema va creciendo, ya que de un año a otro aumentó en más del 200% la superficie establecida. Sin embargo Cortés y Ortiz, 2014 identificaron que el método y la densidad de siembra, es la fase del proceso de adopción en la cual el agricultor rechaza la tecnología de labranza de conservación. Por lo cual es importante proponer la tecnología en el método de siembra elegido por el agricultor para que este sistema siga en aumento.

Además de lo anterior, tradicionalmente en el Valle del Yaqui los agricultores acostumbran establecer el trigo en húmedo. El sistema de siembra directa que se está transfiriendo al productor consiste en establecer el cultivo en seco con una máquina SEMEATO Brasileña ver video: https://www.youtube.com/watch?v=pDqg83vbn7U, que incluso permite trillar el cultivo de verano por ejemplo maíz y el mismo día sembrar trigo, ver video: https://www.youtube.com/watch?v=TqyXJ4CWmJ4. Es por eso que el objetivo del presente trabajo consistió en comparar los resultados de rendimiento de trigo, estableciendo el cultivo en siembra en húmedo y siembra en seco en un sistema de siembra directa.

Materiales y Métodos

Esta evaluación se realizó en las instalaciones del Campo Experimental Norman E. Borlaug-INIFAP, ubicado en el Block 910 del Valle del Yaqui, en Sonora a 27° 22´3.01" N y 109° 55´40.22" W durante el ciclo otoño-invierno 2013-2014 en la rotación sorgo-trigo, en un suelo de textura arcillosa. Se evaluaron dos tratamientos de siembra directa (SD) para el cultivo de trigo. El primer tratamiento

consistió en la siembra en húmedo del cereal, se llevó a cabo un riego de presiembra y ésta se realizó hasta que dio punto el suelo, aproximadamente después de 50 días. En el segundo tratamiento, el cultivo se sembró en seco y se regó inmediatamente después de la siembra. Se realizó un diseño en bloques al azar de 2 tratamientos y 5 repeticiones, para el análisis estadístico se utilizó el programa MSTAT. En ambos casos, la siembra se realizó sobre todos los residuos de cosecha de sorgo, se sembró en una hilera, con una densidad de semilla de 40 kg ha^{-1} de la variedad CIRNO. Se llevaron a cabo tres riegos de auxilio, se monitoreó la humedad del suelo un día antes del primer riego. Se tomaron tres muestras de suelo con barrena a 0-30 cm de profundidad, la determinación de humedad se llevó a cabo por el método de gravimetría propuesto por la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de los suelos, estudio, muestreo y análisis. El método se basa en la medición o determinación de la cantidad de agua expresada en gramos que contiene una muestra de suelo. Esta muestra de agua se referencia de la masa de suelo seco de la muestra. La determinación de la masa de agua se realiza por la diferencia en peso entre la masa de suelo húmedo y la masa de suelo seco. Se considera como suelo seco aquél secado a la estufa a 105°C hasta obtener un peso constante. La fórmula que se utilizó es la siguiente:

$$\theta\ g = ((PB + Psh) - (PB + Pss))/((PB + Pss) - PB) * 100$$

Donde:

θ g = Contenido de humedad gravimétrica expresado en porcentaje
PB = Peso del bote con tapa (g)
Psh = Peso del suelo húmedo (g)
Pss = Peso del suelo seco (g)

El cultivo se manejó de acuerdo con las recomendaciones del INIFAP para el sur de Sonora. Las variables a evaluar fueron rendimiento de grano al 12% de humedad, rendimiento de paja, peso hectolítrico y porcentaje de humedad en el suelo antes del primer riego de auxilio.

Resultados y Discusión

El análisis de varianza reportó diferencias significativas para el rendimiento de paja, el rendimiento de grano y el peso hectolítrico se reportan estadísticamente iguales entre los tratamientos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de varianza para las variables rendimiento de grano, rendimiento de paja y peso hectolítrico en el cultivo de trigo. CENEB-INIFAP. Ciclo O-I 2013/2014.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Prob.
Rendimiento de grano					
Repetición	4	0.43	0.108	0.99	0.5052
Tratamiento	1	0.52	0.524	4.77	0.0943
Error	4	0.44	0.110		
Total	9	1.40			
C.V. 9.06%					
Rendimiento de paja					
Repetición	4	0.17	0.043	0.71	0.6243
Tratamiento	1	1.66	1.665	27.51	0.0063
Error	4	0.24	0.061		
Total	9	2.08			
C.V. 6.29%					
Peso Hectolítrico					
Repetición	4	0.58	0.146	0.84	0.5655
Tratamiento	1	2.30	2.304	13.24	0.0720
Error	4	0.70	0.174		
Total	9	3.58			
C.V. 0.52%					

A pesar que no se reportaron diferencias estadísticas entre el rendimiento de grano, la siembra en seco reportó 458 kg ha^{-1} más que la siembra en húmedo, que reportado en términos monetarios implican un ingreso extra de $1,960.00 pesos por hectárea, considerando el precio actual de trigo en $4,300 pesos por tonelada http://www.infoaserca.gob.mx/coberturas/trigo.asp. Esto representa una esperanza para los productores del Valle del Yaqui, ya que el rendimiento obtenido en el presente ciclo 2014-2015, se ha reportado un promedio de 4.6 ton ha^{-1}, según información proporcionada por representantes de las uniones de crédito de la región, además estas personas consideran que ha sido el rendimiento más bajo en 40 años en relación al costo de producción http://diariodelyaqui.mx/secciones/agricola/96741-cerro-ucaivysa-cosechas-de-trigo.

Cuadro 2. Efecto de la siembra en seco y la siembra en húmedo sob re el rendimiento de grano de trigo. CENEB-INIFAP. Ciclo O-I 2013/2014.

Tratamiento	Rendimiento de grano (ton ha^{-1})
Siembra en húmedo	3.432 a
Siembra en seco	3.890 a
Media	3.661

DMS (0.05) 0.582

Cuadro 3. Efecto de la siembra en seco y la siembra en húmedo sobre el rendimiento de paja de trigo. CENEB-INIFAP. Ciclo O-I 2013/2014.

Tratamiento	Rendimiento de paja (ton ha^{-1})
Siembra en húmedo	3.504 b
Siembra en seco	4.320 a
Media	3.912

DMS (0.05) 0.432

Respecto al peso hectolítrico, de acuerdo con los parámetros establecidos por la Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo (CANIMOLT), el peso hectolítrico para trigo cristalino deberá permanecer dentro de un rango de 78 a 85.2 kg/hl. Estos requisitos los cumplen plenamente el grano de trigo en ambos tipos de siembra. El peso hectolítrico es un factor de comercialización importante

ya que está asociado con la calidad molinera del trigo. Por eso, los lotes de trigo con peso hectolítrico bajo (menores a 76 kg/hl) suelen mostrar bajos rendimientos de sémola en trigo cristalino, y de harina en trigo harinero (Peña *et al.*, 2007)

Cuadro 4. Efecto de la siembra en seco y la siembra en húmedo sobre el peso hectolítrico en trigo. CENEB-INIFAP. Ciclo O-I 2013/2014.

Tratamiento	Peso hectolítrico kg hl^{-1}
Siembra en húmedo	80.64 a
Siembra en seco	79.40 a
Media	80.02

DMS (0.05) 1.32

La humedad del suelo resultó estadísticamente igual en ambas siembras (Cuadro 5), sin embargo se pudo demostrar que la siembra en seco permite mantener la humedad en el suelo un 2.36% más alta que la siembra en húmedo (Cuadro 6). El suministro de agua es uno de los factores determinantes para el desarrollo y producción de las plantas. Su requerimiento hídrico depende de las condiciones climáticas de la zona, suelo, tipo de cultivo, manejo y etapa del ciclo en la que se encuentre. Las plantas generalmente cumplen su ciclo vegetativo a través de las siguientes fases: germinación, desarrollo, maduración y cosecha y las necesidades de agua se hacen más apremiantes en alguna de estas etapas, es por eso que se recomienda utilizar técnicas que permitan aprovechar mejor la humedad de los suelos, ya que si esta falla en las etapas más críticas del cultivo puede llegar a haber pérdidas considerables (Gómez, *et al.,* 2010).

Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable porciento de humedad en el suelo. CENEB-INIFAP. Ciclo O-I 2013/2014.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Prob.
Repetición	2	0.76	0.381	0.43	0.6982
Tratamiento	1	8.05	8.050	9.14	0.0942
Error	2	1.76	0.881		
Total	5	10.57			

C.V. 7.02%

Cuadro 6. Contenido de humedad en el suelo en ambos tipos de siembra al momento del primer riego de auxilio. CENEB-INIFAP. Ciclo O-I 2013/2014.

Tratamiento	Humedad %
Siembra en húmedo	12.217 a
Siembra en seco	14.533 a
Media	13.375

DMS (0.05) 3.297

Conclusiones

La siembra en seco resultó más rentable que la siembra en húmedo en el sistema de siembra directa. La siembra en seco, permite llegar al cultivo de trigo al primer riego de auxilio con mayor cantidad de humedad que la siembra en húmedo. El peso hectolítrico resultó igual en ambos tipos de siembra.

Bibliografía

Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo (CANIMOLT). Informe de calidad del trigo nacional, por estado. http://www.harina.org/trigo_calidad.php Página Visitada el 18-Junio-2009.

Cortés, J.J.M. 2010. Investigación y transferencia de tecnología con labranza primaria en el cultivo de trigo. Folleto técnico No. 56. INIFAP-CENEB. Cd. Obregón, Sonora. 48 p.

Cortés, J.J.M. y Ortiz, A.A.A. 2014. Innovación tecnológica con siembra directa de trigo en el Valle del Yaqui, Sonora. Memorias del XVII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Octubre 9-10, 2014. Mexicali, B.C., México. p 473-477.

Gómez, EA., Rojas, PH., Vallejo, CFA., Estrada, SEI. 2010. Determinación del requerimiento hídrico del pimentón en el municipio de Candelaria, departamento del Valle del Cauca. Acta Agronómica. ACAG Vol 59, No. 4. Colombia.

http://diariodelyaqui.mx/secciones/agricola/96741-cerro-ucaivysa-cosechas-de-trigo.

http://www.diariodelyaqui.mx/secciones/agricola/88291-siembra-directa-una-alternativa-altamente-rentable.

https://www.youtube.com/watch?v=pDqg83vbn7U

https://www.youtube.com/watch?v=TqyXJ4CWmJ4

INTA, (INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA). 2011. Siembra directa. Actualización técnica Núm. 58. República Argentina. 28 p.

Peña Bautista, R. J., Pérez Herrera, P., Villaseñor Mir, E., Gómez Valdez, M. M., Mendoza Lozano, M. A. y Monterde Gabilondo, R. 2007. Calidad de la cosecha del trigo en México. Ciclo otoño – invierno 2005 – 2006. Publicación especial del CONASIST, Av. Cuahutemoc No.1617, Mezanine, Col. Sta. Cruz Atoyac, México D.F. p. 4-5.

SEMARNAT. 2000. NOM-021-RECNAT-2000. Diario Oficial, diciembre de 2002. México, D.F. 75 p.

Shaxson F. y Barber R. 2005. Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal. El significado de la porosidad del suelo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Boletín de Suelos de la FAO 79. Roma.

Uribe, CH. y Rouanet, MJL. 2002. efecto de tres sistemas de labranza sobre el nivel de humedad en el perfil del suelo. Agric. Téc., Chillán, v. 62, n. 4,oct. Disponible en <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072002000400007&lng=es&nrm=iso>.doi: 10.4067/S0365-28072002000400007.

HETEROGENEIDAD DEL NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO EN *Luvisoles ródicos* DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

[1]Ramírez Silva JH*; [2]Tun Dzul J de la C; [1]Cano González A; [1]Aguilar Duarte Y

[1]Investigadores del Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE) del INIFAP.
. [2]Investigador Campo Experimental Mococha. CIRSE INIFAP

*Autor responsable: ramirez.jorge@inifap.gob.mx; Calle 6 x 13 Núm. 398, Col., Avenida Correa Rachó. Col. Díaz Ordaz, Mérida Yucatán, México. CP 97130; Tel. +52 (01 800 088 2222 ext.(88510)

Resumen

Se estudiaron los contenidos de N-NO3, P y K en suelos rojos *Luvisoles ródicos* de la Península de Yucatán con el objetivo de medir el grado de heterogeneidad de 27 localidades ubicadas en áreas mecanizables. Los resultados indican que los suelos son diferentes estadísticamente en cuanto a sus contenidos de N-NO3, P y K. Estos elementos presentan en cada localidad diferentes grados de variabilidad de acuerdo a los CV´S reportados siendo el K el elemento con menos variabilidad espacial al tener en promedio 36.87% de CV seguido del N-NO3 con 84.22% y el P con una variabilidad extrema de 171.49% de CV. El 92.5% de las localidades (25) reportan deficiencias de N-NO3 y P mientras que el 100% (27) tiene cantidades excesivas de K.

Palabras clave
Variabilidad; Nutrimentos; Deficiências.

Introducción

La variabilidad de los suelos de la Península de Yucatán (PY) no solamente se relacionan con el material pedogenético que les dio origen si no también a las actividades antropogénicas diversas de la región. Es muy común que áreas con propiedades visualmente homogéneas, como el color, se comporten agronómicamente diferentes. Los microrelieves en el paisaje son tan comunes que resulta muy complicado hacer recomendaciones técnicas precisas para el manejo agronómico de diferentes cultivos,

Sobre este tema Bautista et al., 2005 menciona que la PY no es una planicie homogénea y que tanto a escalas grandes como niveles locales existen diversidad de relieves y las variaciones horizontales se encuentran en espacios muy cortos. Tal es el caso de los suelos rojos clasificados como *Luvisol ródico* en clasificación FAO-UNESCO y *Kan cab* en terminología maya cuyo origen aun esta en discusión. Se ha sugerido que pueden haberse derivado de cenizas volcánicas con textura arcillosa de origen palustre o bien provienen de un depósito superficial sobre rocas en el momento del levantamiento (Wright, 1970 en Bautista et al., 2005).

La heterogeneidad edáfica es aun mas complicada cuando además de las diferencias de color, se encuentran diferencias en la composición química nutrimental que influyen en la producción agropecuaria. Este grado de heterogeneidad influye en la variabilidad de la producción de los cultivos en cada lote dependiendo de la diversidad de factores relacionadas con las propiedades del suelo y las prácticas agronómicas.

Otros autores como Muñoz et al., 2006 han estudiado la influencia de la variabilidad espacial de diferentes propiedades edáficas con el rendimiento de la papa en Colombia donde incluso determina los Coeficientes de Variación (CV) de cada propiedad edafológica.

Considerando en consecuencia la importancia de conocer la heterogeneidad de los suelos, se plantea el siguiente trabajo con el objetivo de medir la variabilidad espacial del Nítrógeno (N-NO3), Fósforo (P) y Potasio (K) en los *Luvisoles ródicos* de la PY. Esto puede ayudar a los programas federales que apoyan la actividad agropecuaria ya que empiezan a considerar a los análisis de la fertilidad de suelos como estratégicos.

Materiales y Métodos

Para este estudio se consideraron 27 localidades de muestreo ubicadas en suelos mecanizables de la PY clasificados como L*uvisol rodico (kan cab),)* mismos que fueron cultivados con maíz durante el ciclo primavera-verano 2013/2013 en unidades compactas de producción de 10 hectáreas. 3 localidades se ubicaron en el estado de Quintana Roo (Nuevo Tabasco, Puerto Arturo1 y Puerto Arturo 2),11 en el estado de Campeche (Calkiní, Dzibalche, Emiliano Zapata, Hecelchakan, Iturbide, Kanki, Keste, Nohacal, Tinum, Xcalot Bolonchen y Oxa) y 13 en el estado de Yucatán (Colonia Yucatán, Corral 2, Maycum, Masatunich, Maxcanu, Opichen 1, Opichen 2, Poccheil, San Martín Hili, San Pedro Rompoy, Xuil, Yalcoba y Santa Cruz 2).Se tomaron 9 muestras en cada localidad considerando el primer horizonte colectando 2 kilos de suelo por cada horizonte. La ubicación de cada punto de muestreo fue estandarizado para todas las parcelas tomando en cuenta un primer punto georeferenciado y ubicando a partir de ese primer punto a los otros 8 a partir de distancias y rumbos prestablecidos al azar.

Las muestras se analizaron en el laboratorio de suelos del Campo Experimental Edzna del estado de Campeche donde se determinó el contenido de N-NO3, P y K asimilables. Para N-NO3 se uso el método colorimétrico con acido salicílico, para P el método Bray y para el K la extracción se realizo con Acetato de Amonio y analizado con espectrofotómetro de absorción atómica. Los resultados se reportaron en partes por millón (ppm) para N y P mientras que K se reportó en meq/100 gr. La información se sometió a un Análisis de Varianza bajo un diseño completamente al azar considerando a las localidades como tratamientos y los 9 puntos de muestreo como repeticiones. Se realizó una comparación de medias con el método de Diferencias Mínimas Significativas de Fisher. La variabilidad se midió calculando los Coeficientes de Variación de cada localidad comparándolo con la literatura (Muñoz et al. 2005). Se determino el grado de suficiencia, deficiencia y excesos comparando los contenidos nutrimentales con los rangos de suficiencia reportados por Phytomonitor, 2015. Los resultados de disponibilidad nutrimental se indicaron en rojo para cantidades deficientes, verde en suficientes y morado los excesos.

Resultados y Discusión

En el cuadro 1, 2 y 3 observamos los ANVA para N, P y k respectivamente. Existen diferencias altamente significativas entre localidades para todos los elementos. En los cuadros 4, 5 y 6 se consignan las medias de N, P y K así como la comparación de medias y los CV´S. En estos mismos cuadros se puntualiza con colores el grado de deficiencia, suficiencia y excesos que pueden tener los contenidos de N, P y K en el suelo tomando como referencia los límites críticos reportados por la literatura para cultivos en lo general.

Cuadro 1. Análisis de varianza para contenido de N-NO3

Fuente	Suma de cuadros	GL	Cuadrado medio	F	P
Entre grupos	18842.4	26	724.708	12.94	0.0000
Dentro grupos	12101.5	216	56.0255		
Total	30943.9	242			

Cuadro 2. Análisis de varianza para contenido de P.

Fuente	Suma de cuadros	GL	Cuadrado medio	F	P
Entre grupos	25686.7	26	987.951	21.17	0.0000
Dentro grupos	10078.4	216	46.6594		
Total	35765.2	242			

Cuadro 3. Análisis de varianza para contenido de K.

Fuente	Suma de cuadros	GL	Cuadrado medio	F	P
Entre grupos	84.0847	26	3.23403	14.81	0.0000
Dentro grupos	47.1579	216	0.218324		
Total	131.243	242			

La comparación de medias para N-NO3 (ppm) permite observar 15 grupos de diferentes localidades que son estadísticamente semejantes. Las localidades de Opichen y Keste ubicadas en Yucatán y Campeche respectivamente conformaron un primer grupo al tener los contenidos medios mas bajos con 3.65 y 3.88 ppm mientras que en Colonia Yucatán se observó la cantidad extrema con 49.88 ppm seguida de San Martín Hili y Opichen con 29.0 y 18.33 ppm. Todas estas localidades ubicadas en el estado de Yucatán. El grupo mas numeroso, estadísticamente iguales, enumerados de menor a mayor contenido de N, lo conforman 7 localidades como: Poccheli (Yuc.), Nuevo Tabasco (Q.Roo), Iturbide (Camp.), Puerto Arturo 2 (Q.Roo), Kanki (Camp.), Calkini (Camp.), Calkini (Camp.) y Nohacal (Campeche) con cantidades de N-NO3 que fluctúan de 12.63 a 14.32 ppm. Importante es notar que los CV´S para este elemento, considerando las 9 repeticiones para cada localidad, fluctúa de 22.18 % hasta 83.66 % con una media de 84.22 %. Aun cuando la media es catalogada de alta variabilidad (>40%) de acuerdo a Muñoz et al. , 2006 existe un 26% de localidades en el rango medio (20-40%) de variabilidad y el 74% de las localidades con alta variabilidad. Al comparar los contenidos medios de N-NO3 del suelo, consignados en el Cuadro 4, con las referencias de 20 a 40 ppm como rangos de suficiencia reportados por la literatura (Phytomonotor, 2015) se observa que el 92.5% de las localidades (25) presentan deficiencias, indicado con color rojo en el Cuadro 4.

Los resultados para P se consignan en el Cuadro 5. La Comparación de Medias permite tener 11 grupos estadísticamente diferentes. La localidad de X´calot Bolonchen (Camp.) conforma un primer grupo con el contenido mas bajo de P con solamente 0.75 ppm mientras que el extremo máximo, con 44.87 ppm, se encontró en Oxa (Camp.).

Cuadro 4. Comparación de medias, CV´S y grado de deficiencia de N.

Localidad	Media	Comparación	Suf/ Def/ Exc.	CV
Opichen 2	3.65	a		74.98%
Keste	3.88	a		55.38%
Xcalot Bolonchen	4.85	ab		55.22%
Macyum	5.52	abc		83.59%
Masatunich	7.45	abcd		56.93%
Corral 2	7.79	abcd		47.62%
Xuil	9.27	abcde		36.38%
Maxcanu	9.60	abcde		22.18%
Tinun	9.70	abcde		72.75%
Dzibalche	10.06	abcdef		62.44%
Santa Cruz 2	11.22	bcdefg		38.55%
Yalcoba	11.99	cdefgh		29.18%
Hecelchakan	12.46	cdefgh		70.98%
Pocccheil	12.63	defgh	DEF.	36.62%
Nuevo Tabasco	12.80	defgh		27.38%
Iturbide	12.87	defgh		73.55%
Puerto Arturo 2	13.24	defgh		32.12%
Kanki	13.52	defgh		68.06%
Calkiní	13.70	defgh		47.24%
Nohacal	14.32	defgh		83.61%
Oxa	14.81	efgh		31.98%
Puerto Arturo 1	15.45	efgh		47.24%
San Pedro Rompoy	17.00	fgh		44.25%
Emiliano Zapata	17.27	gh		43.00%
Opichen	18.33	h		59.39%
San Martin Hili	29.00	I	SUF.	52.76%
Colonia Yucatan	49.98	j		29.18%

Cuadro 5. Comparación de medias, CV´S y grado de deficiencia de P.

Localidad	Media	Comparación	Suf/ Def/ Exc.	CV
X´calot Bolonchen	0.75	a		67.37%
Tinun	1.18	ab		40.21%
Opichen	1.24	ab		57.57%
Nuevo Tabasco	1.38	abc		45.44%
Xuil	1.43	abc		79.56%
Santa Cruz 2	1.97	abcd		44.92%
Maxcanu	1.98	abcd		71.20%
Puerto Arturo 2	2.51	abcd		92.68%
Puerto Arturo 1	2.53	abcd		104.45%
Macyum	2.56	abcd		76.09%
Opichen 2	2.69	abcd		76.87%
San Pedro Rompoy	2.82	abcd		57.62%
Pocccheil	3.28	abcd		142.79%
Calkiní	3.35	abcd	DEF.	89.49%
Colonia Yucatan	3.96	abcd		224.66%
Masatunich	4.51	abcd		41.31%
San Martin Hili	4.73	abcd		53.02%
Iturbide	5.10	abcde		62.33%
Keste	6.19	abcde		22.64%
Corral 2	6.21	abcde		79.66%
Emiliano Zapata	7.27	bcdef		49.08%
Yalcoba	7.69	cdef		46.88%
Kanki	7.96	def		53.97%
Nohacal	11.18	ef		54.80%
Hecelchakan	13.46	F		46.90%
Dzibalche	38.50	G	SUF.	54.93%
Oxa	44.87	h		50.10%

El grupo con mayor número de localidades (12), dispuestos de menor a mayor contenidos, lo conforman: Santa Cruz 2 (Yuc.), Maxcanu (Yuc.), Puerto Arturo 2 (Q.Roo), Puerto Arturo 1(Q.Roo), Macyum (Yuc.), Opichen 2 (Yuc.), San Pedro Rompoy (Yuc.), Pocccheil (Yuc.), Calkiní (Camp.), Colonia Yucatan (Yuc.), Masatunich(Yuc.), San Martin Hili (Yuc.). Los resultados de este grupo fluctúan de 1.97 ppm hasta 4.73 ppm. Los CV´S para P varían de 22.64% hasta 224.60% con una media de 171.49%. Indicando una extrema variabilidad de P en el suelo. Solamente el 7.4% de las localidades se encuentran en CV´S intermedios mientras que el 92.5% se ubican con alta variabilidad. Adicionalmente podemos observar que el 92.5% de las localidades son deficientes en este elemento como se indica en color rojo (Cuadro 5).

Para K (meq/100gr) se observan 16 grupos estadísticamente diferentes. El primer grupo, tiene los niveles mas bajos de K, se conforma de Puerto Arturo 1 (Q.Roo), Keste (Camp.), Iturbide (Camp.) y Oxa (Camp) con 1.08, 1.16, 1.21 y 1.23 meq/100gr. Los contenidos son los mas bajos, pero están muy arriba del rango de suficiencia de 0.25 a 0.64 meq/100gr reportados en literatura. Hecelchakan (Camp.) tiene en extremo 3.08 meq/100gr. Todas las localidades tienen contenidos de K en exceso como lo indica el color morado en la Cuadro 6. Los CV´S para K variaron de 2.56% hasta 45.72% con una media de 36.87%. Solamente el 11% de las localidades mostraron tener CV´S altos (>40%) para K.

Cuadro 6. Comparación de medias, CV´S
y grado de deficiencia de K.

Localidad	Media	Comparación	Suf/ Def/ Exc.	CV
Puerto Arturo	1.08	a		28.25%
Keste	1.16	a		19.68%
Iturbide	1.21	a		29.68%
Oxa	1.23	a		27.52%
Nuevo Tabasco	1.24	ab		34.25%
Tinun	1.33	ab		20.63%
Puerto Arturo 2	1.37	ab		17.24%
Nohacal	1.51	abc		23.51%
San Pedro Rompoy	1.67	bcd		42.86%
Dzibalche	1.82	cde		25.71%
Pocccheil	1.84	cde		14.09%
Masatunich	1.87	cde		16.08%
Colonia Yucatan	1.95	def		45.77%
Kanki	2.05	def	EXCESO	18.18%
Opichen	2.05	def		41.56%
Calkiní	2.11	efg		39.24%
Emiliano Zapata	2.13	efgh		12.64%
Xuil	2.13	efgh		18.99%
Xcalot Bolonchen	2.32	fghi		19.87%
Opichen 2	2.37	fghi		21.57%
Maxcanu	2.52	ghij		22.73%
Corral 2	2.56	hij		10.06%
Yalcoba	2.59	ijk		17.46%
San Martin Hili	2.70	ijkl		15.08%
Macyum	2.93	jkl		17.05%
Santa Cruz 2	2.99	kl		2.56%
Hecelchakan	3.08	l		8.99%

Conclusiones

Los *Luvisoles ródicos* de la Península de Yucatán son diferentes estadísticamente en sus contenidos de N-NO3, P y K. Cada localidad presenta diferentes grados de variabilidad de acuerdo a los CV´S. El K es el elemento con menos variabilidad espacial al tener en promedio 36.87% de CV seguido del N-NO3 con 84.22% y el P con una variabilidad extrema de 171.49% de CV. El 92.5% de las localidades (25) reportan deficiencias de N-NO3 y P mientras que el 100% (27) tiene cantidades en exceso de K.

Bibliografía

Bautista, F.; Palacio–Aponte, G.; Ortiz-Perez, M.; Batllori-Sampedro, E. y Castillo-González, M. 2005. El origen y el manejo maya de las geoformas, suelos y aguas en la Península de Yucatán, p, 21-32. En: F Bautista y G. Palacio (Eds.). Caracterización y Manejo de los suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones Agropecuarias, Forestales y Ambientales. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán, instituto Nacional de Ecología. 282 p.

Muñoz J.D., Martínez L.J. y Giraldo R. 2006. Variabilidad espacial de propiedades edáficas y su relación con el rendimiento en un cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*). Agronomía Colombiana Vol. 24. N° 2. 366 pp.

Phytomonitor. 2015. Análisis de Fertilidad de suelos y niveles de suficiencia. Culiacán Sinaloa.

PRODUCCIÓN DE CANOLA SIN EL USO DE AGROQUÍMICOS EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA

Ortiz-Avalos, AA[1]; Cortés-Jiménez, JM[1]; Loredo-Ostl, C[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle del Yaqui. Cd. Obregón, Sonora, México.
[2]Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Agronomía y Veterinaria. San Luis Potosí, S.L.P.

*Autor responsable: ortiz.alma@inifap.gob.mx; Calle Norman E. Borlaug km 12, C.P. 85000, Cd. Obregón, Sonora, México, Tel. +52 55 3871 8700 Ext. 81224.

Resumen

Se evalúo la producción de canola sin el uso de agroquímicos, fertilizada con 20 ton ha^{-1} de gallinaza. El tratamiento anterior se comparó contra un testigo comercial el cual fue fertilizado con 300 kg de urea + 400 kg de fosfato monoamónico. El rendimiento de canola sin el uso de agroquímicos fue de 2.940 ton ha^{-1} y el del testigo fertilizado 2.893 ton ha^{-1}. Se concluyó que es factible la producción de canola sin el uso de agroquímicos en el Valle del Yaqui, Sonora, ya que los resultados del tratamiento sin el uso de agroquímicos resultaron estadísticamente iguales o ligeramente superiores al testigo fertilizado.

Palabras clave
Fertilización orgánica; fertilización química; rendimiento

Introducción

En el sur de Sonora, el trigo es el cultivo de mayor importancia y es el eje de la economía de la región. Durante el ciclo otoño-invierno, es la especie con más superficie de siembra, sin embargo los costos de producción y los requerimientos de agua son altos y derivado de las temperaturas inciertas por el cambio climático, lo afectan tanto las altas como bajas temperaturas que predominan en invierno. Antecedentes de rendimiento histórico proporcionado por SIAP en su página http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/, indican rendimiento promedio para el sur de Sonora que van desde 5.45 a 7.13 ton ha^{-1} en los últimos diez años. Para el ciclo actual 2014/2015, según información proporcionada por asociaciones de agricultores de la región el rendimiento promedio lo reportan en 4.6 ton ha^{-1}, considerado el rendimiento más bajo en 40 años en relación al costo de producción http://diariodelyaqui.mx/secciones/agricola/96741-cerro-ucaivysa-cosechas-de-trigo. El bajo rendimiento los productores lo asocian a la falta de horas frío que requiere el cultivo para completar su ciclo vegetativo.

Como alternativa para cultivos de otoño-invierno en la región sur de Sonora, se tiene el cultivo de canola. La canola es un tipo de colza (*Brassica napus y B. rapa*), la cual fue mejorada genéticamente en Canadá, lográndose que la semilla tuviera menos de 2% de ácido erúcico en el aceite y menos de 30 micromoles de glucosinolatos por gramo de pasta y de esta forma pudo ser aprovechada en la alimentación humana y animal (Castillo, 2007). El 25% de aceite que se consume en México es de canola, por lo que la necesidad de producción son altas y no se siembra lo suficiente. En el 2006, la industria aceitera en México importo aproximadamente un millón de toneladas de grano de canola

(González, 2007). En México se han evaluado genotipos tanto híbridos como variedades de polinización libre que han sido generados a través del mejoramiento genético convencional y proceden de diferentes partes del mundo, principalmente Canadá, Estados Unidos de América y Australia, dentro de los cuales han sobresalido los híbridos de la serie Hyola, siendo el mejor el 401, así como las variedades de polinización libre Monty, Scoop y SP Armada, las cuales en general presentan ciclo vegetativo desde 130 a 160 días (Osorio, 2007).

En el Campo Experimental Valle del Yaqui, Sonora, durante el ciclo O-I 2007-2008 se evaluaron en dos fechas de siembra (FS) 20 líneas elite y variedades de canola dentro de un ensayo uniforme establecido en diferentes regiones del centro y norte de México, en donde se sugirió validar con fines de liberación nuevas variedades de Canola con rendimientos de 2.9 ton ha^{-1}. La fecha recomendada para el cultivo de canola en el sur de Sonora es del 1º de noviembre al 15 de diciembre. En fechas tardías aumenta el daño de pulgones y disminuye el rendimiento potencial. Las variedades recomendadas son: IMC-204 y IMC-205, altas oleicas de ciclo intermedio y Hyola 401, híbrido convencional de ciclo precoz (Castillo, 2009). En suelos arcillosos o de barrial, la canola debe sembrarse dentro del período comprendido del 20 de noviembre al 10 de diciembre, utilizando los híbridos Hyola 401 y Hyola 330 para abrir siembra y al hibrido Hyola 308 para el cierre. Respecto al requerimiento de agua, en suelos con buena retención de humedad, aplicar el riego de presiembra (lámina de 20 a 25 cm) y uno de auxilio (10 a 12 cm), durante el inicio de floración, 55 a 65 días después de la siembra (DDS) y en suelos con baja retención de humedad aplicar un segundo auxilio al final de floración (85 a 95 DDS) (Castillo y Cantúa, 2012).

Si bien, la producción de canola en el Valle del Yaqui ya es una realidad y teniendo como referencia que el aceite que se extrae de su semilla es el más consumido en México, el programa de fertilidad de suelos y nutrición vegetal del CENEB-INIFAP, enfocó sus estudios en la producción de canola sin el uso de agroquímicos. Lo anterior tomando como referencia las megatendencias sociales publicadas por el observatorio del tecnológico de Monterrey, donde lista como número uno al "Consumidor Ecológico" (ITESM, 2009). Es por esto que el objetivo del presente estudio es evaluar la producción de canola sin el uso de agroquímicos para las condiciones del Valle del Yaqui, Sonora.

Materiales y Métodos

El presente estudio se llevó a cabo en el Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2012/2013. Las parcelas se ubicaron en el block 910 del Valle del Yaqui en lotes provenientes de trigo fertilizado con 15 ton ha^{-1} de gallinaza en el ciclo 2011/2012. Se utilizó la variedad Hayola 401, la cual se sembró el día 5 de diciembre sobre humedad, en surcos y con una densidad de 37 semillas por metro lineal. Se aplicó un riego de presiembra y tres riegos de auxilio. Se evalúo la producción de canola sin el uso de agroquímicos, fertilizada con 20 ton ha^{-1} de gallinaza, el suelo contenía toda la paja del cultivo anterior y se incorporó con rastra, a este tratamiento se le denominó "Ecológico". El tratamiento anterior se comparó contra un testigo comercial al cual se le denominó "Testigo"; el tratamiento testigo, fue fertilizado con 300 kg de urea + 400 kg de fosfato monoamónico, se quemó la paja del cultivo anterior y se reutilizó el surco para la siembra. En ambos tratamientos la fuente de fertilización se aplicó en presiembra y al voleo y no fue necesaria la aplicación de insecticidas, fungicidas ni herbicidas. Se utilizó un diseño de bloques al azar con dos tratamientos y tres repeticiones. La cosecha del cultivo se llevó a cabo a los 140 días después de la siembra.

Resultados y Discusión

No se reportan diferencias significativas en el rendimiento de grano ni el de paja (Cuadro 1). El valor promedio de las variables evaluadas se reporta en los Cuadros 2 y 3.

Cuadro 1. Análisis de varianza para las variables rendimiento de grano y rendimiento de paja en el cultivo de Canola. CENEB-INIFAP. Ciclo O-I 2012/2013.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada	Prob.
Rendimiento de grano					
Repetición	2	0.15	0.073	7.77	0.1140
Tratamiento	1	0.00	0.003	0.35	0.6136
Error	2	0.02	0.009		
Total	5	0.17			
C.V. 3.33 %					
Rendimiento de paja					
Repetición	2	3.06	1.532	5.86	0.1459
Tratamiento	1	1.28	1.283	4.91	0.1572
Error	2	0.52	0.262		
Total	5	4.87			
C.V. 7.52%					

El análisis estadístico reporta como iguales el rendimiento obtenido en el tratamiento ecológico y el testigo con fertilización química (Cuadro 2 y 3). Lo anterior indica que si es factible la producción de canola sin el uso de agroquímicos en la región del Valle del Yaqui, Sonora.

Cuadro 2. Efecto de la fertilización orgánica y química sobre el rendimiento de grano de Canola. CENEB-INIFAP. Ciclo O-I 2012/2013.

Tratamiento	Rendimiento de grano (ton ha^{-1})
Ecológico	2.940 a
Testigo	2.893 a
Media	2.917

Cuadro 3. Efecto de la fertilización ecológica y química sobre el rendimiento de paja de Canola. CENEB-INIFAP. Ciclo O-I 2012/2013.

Tratamiento	Rendimiento de paja (ton ha^{-1})
Ecológico	7.283 a
Testigo	6.343 a
Media	6.806

Como podemos observar existen alternativas que permiten llevar a cabo el desarrollo de los cultivos sin el uso de agroquímicos, sin embargo es difícil hacer a un lado el modelo agrícola convencional adoptado a mediados del siglo pasado que se fundamenta en un sistema de producción de alta eficiencia dependiente de un alto uso de insumos sintéticos, además del empleo de métodos que provocan la erosión de los suelos, la salinización, la contaminación, la desertificación y la pérdida de la biodiversidad (FAO, 1995). Además de lo anterior, se tienen registros que indican que los fertilizantes sintéticos en general presentan baja eficiencia para ser asimilados por los cultivos, ya que el nivel de aprovechamiento esta por abajo del 50% (Armenta *et al*., 2010). La agricultura del siglo XXI de México y el mundo tendrá que usar a la ciencia como alternativa para generar una revolución en el sistema de producción agrícola que supere en todos los terrenos (económica, productiva y ecológicamente) la producción agrícola del siglo pasado. La ciencia está llamada, de manera creciente, a producir conocimiento y tecnología que permitan promover la sostenibilidad ambiental, el desarrollo orientado hacia la sociedad y el manejo a largo plazo de los recursos naturales (Cortés y Ortiz, 2013).

Conclusiones

Se concluye que es factible la producción de canola sin el uso de agroquímicos en el Valle del Yaqui, Sonora, los rendimientos resultaron estadísticamente iguales o ligeramente superiores al testigo fertilizado.

Bibliografía

Armenta, B.A.D., García G.C., JR, Camacho B., MA, Apodaca S., LG, Montoya y E, Nava P. 2010. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. Ra Ximhai. 6:51-56

Castillo, T.N. 2009. Ensayo uniforme de 20 líneas elite y variedades de canola (*Brassica Napus* L.) en el Valle del Yaqui, Sonora. Memorias del XII Congreso internacional de ciencias agrícolas. Octubre 29-30, 2009. Mexicali, B.C. México. p 48-51.

Castillo, T.N. 2007. Investigación, validación y transferencia de tecnología del cultivo canola (*Brassica Napus L.*) en el sur de Sonora. Ciclo O-I 2005-2006. Memorias de la 2a Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. Septiembre 19-21, 2007. Guadalajara, Jalisco, México.

Castillo, T.N. y Cantúa, A.J.A. 2012. Girasol y canola: opciones de cultivo para enfrentar el cambio climático. Memorias del Día del Agricultor 2012. Marzo, 2012. Publicación especian No. 19. Centro de Investigación Regional del Noroeste-INIFAP-CENEB. Cd. Obregón, Sonora, México. p 29-31.

Cortés, J.J.M. y Ortiz, A.A.A. 2013. Innovaciones tecnológicas en agricultura sostenible. INIFAP – CIR Noroeste - Campo Experimental Norman E. Borlaug. Publicación especial No. 20. Ciudad Obregón, Sonora, México (*i.e*., pp: 61-63).

FIDA, RUTA, CATIE, FAO. 2003. El concepto de certificación orgánica, conceptos básicos. Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza. *In*: Memorias del Taller celebrado del 19 al 21 de mayo en Turrialba, Costa Rica. 115 p.

González, A.A. 2007. Evaluación de variedades de canola en el sur de Jalisco. Memorias de la 2a Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. Septiembre 19-21, 2007. Guadalajara, Jalisco, México.

http://diariodelyaqui.mx/secciones/agricola/96741-cerro-ucaivysa-cosechas-de-trigo

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM). 2009. Las megatendencias sociales actuales y su impacto en la identificación de las oportunidades de negocio. 1ª Ed., 2009. 147 p.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1995. Balance de la Revolución Verde: Nuevas necesidades, nuevas estrategias. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/V6640S/v6640s00.htm#Contents (Consultado 01 de junio del 2013).

Osorio, M.S. 2007. Comercialización de la Canola (*Brassica Napus L.*) en México. Monografía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. División de Ciencias Socioeconómicas. Departamento de Administración Agropecuaria. Noviembre, 2007. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 67 p.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Sin año. http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/

VARIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD DEL NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO EN *Vertisoles* DE QUINTANA ROO Y CAMPECHE EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

[1]Ramírez Silva JH*; [1]Aguilar Duarte Y; [1]Cano González A

[1]Investigadores del Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE) del INIFAP.

*Autor responsable: ramirez.jorge@inifap.gob.mx; Calle 6 x 13 Núm. 398, Col., Avenida Correa Rachó. Col. Díaz Ordaz, Mérida Yucatán, México. CP 97130; Tel. +52 (01 800 088 2222 ext.(88510)

Resumen

Se estudió la variabilidad y disponibilidad de N-NO3, P y K en 8 localidades con suelos mecanizables grises Vertisoles en los estados de Quintana Roo y Campeche de la Península de Yucatán. Para todos los elementos se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre localidades. Los CV´S promedio para N-NO3 fluctúan de 38.49% hasta 71.33% con un CV poblacional de todas las localidades de 83.09% considerada como muy alto. Para P el 75% de las localidades (6) muestran CV´S arriba del 40% considerado alto con un CV poblacional muy alto de 105.48%. Los CV´S para K variaron de 8.53% hasta 58.81% con un CV poblacional de 55.59% que aun cuando se considera alto está muy por debajo del N-NO3 (83.09%) y P (105.48%). Todos los *Vertisoles* presentaron contenidos deficientes de P y excesos de K. El 50%% de las localidades presentan deficiencias de N mientras que el 25% se encuentran en el rango de suficiencia y el otro 25% arriba del rango.

Palabras clave
Heterogeneidad; Nutrimentos; Deficiências.

Introducción

En México los vertisoles representan 16 millones de ha y la Península de Yucatán (PY) cuenta con 2 millones 134 mil ha (IUSS, 2007). A pesar de su importancia, los Vertisoles de la PY han sido poco estudiados, siendo la variabilidad espacial de sus atributos químicos un tema de importancia que debe considerarse ante los programas federales de fertilización que se vienen impulsando.

Una premisa básica es entender que la variabilidad de los suelos de la PY no solamente se relacionan con el material pedogenético que les dio origen si no también a las actividades antropogénicas diversas de la región. Sobre este tema Jaramillo (2003), reporta la complejidad de factores que intervienen en la formación del suelo y que la variabilidad es una de sus principales características y depende de las propiedades que se midan, siendo las propiedades químicas mas difíciles de predecir que la físicas.

Estudios señalan a la PY como una planicie no homogénea y que tanto a escalas grandes como niveles locales existen diversidad de relieves y las variaciones horizontales se encuentran en espacios muy cortos (Bautista et al., 2005). Otros autores como Muñoz et al., (2006) han estudiado la influencia de la variabilidad espacial de diferentes propiedades edáficas con el rendimiento de la papa

en Colombia donde incluso determina los Coeficientes de Variación (CV) de cada propiedad edafológica; puntualizando que existe mayor variabilidad a medida que el suelo se maneja agronómicamente en comparación a su estado natural.

Los *Vertisoles* se localizan en depresiones casi planas y la posición topográfica puede ser mas importante que la topografía misma (Clement et al.; 1996). En la PY se localizan en las partes mas bajas del paisaje; siendo el tipo de material madre y su composición química los factores básicos de formación cuyo variabilidad merece atención y por ello se plantea medirla considerando los contenidos del Nítrógeno (N-NO3), Fósforo (P) y Potasio (K) como elementos esenciales primarios.

Materiales y Métodos

Se consideraron 8 localidades ubicadas en suelos mecanizables Vertis*oles (Ak´alche en maya)* del estado de Quintana Roo y Campeche en la PY cultivados con maíz durante el ciclo primavera-verano 2013/2013 en unidades compactas de producción de 10 hectáreas. 5 localidades se ubicaron en el estado de Quintana Roo (Morocoy 1, Morocoy 2, San Román, Nicolas Bravo y Emiliano Zapata) y 3 en el estado de Campeche (Conquista Campesina, Matamoros y Once de Mayo). Se tomaron 9 muestras individuales de 2 kilos en cada localidad considerando un primer horizonte. La ubicación de cada punto de muestreo fue estandarizado para todas las parcelas tomando en cuenta un primer punto georeferenciado y ubicando a partir de ese primer punto a los otros 8 a partir de distancias y rumbos prestablecidos al azar.

Las muestras se analizaron en el laboratorio de suelos del Campo Experimental Edzna del estado de Campeche donde se determinó el contenido de Nitrógeno como NO3 (N), Fósforo Extractable P-PO_4-(P) y Potasio-K^+ asimilable (K). Para N-NO3 se uso el método colorimétrico con acido salicílico, para P el método Bray y para el K la extracción se realizo con Acetato de Amonio y analizado con espectrofotómetro de absorción atómica.

Los resultados se reportaron en partes por millón (ppm) para N y P mientras que K se reportó en meq/100 gr. La información se sometió a un Análisis de Varianza bajo un diseño completamente al azar considerando a las localidades como tratamientos y los 9 puntos de muestreo como repeticiones. Se realizó una comparación de medias con el método de Diferencias Mínimas Significativas de Fisher.

La variabilidad se midió considerando la Desviación Standar y la media aritmética para calcular los Coeficientes de Variación (CV´S) de cada localidad asÍ como el CV poblacional. El grado de variabilidad fue comparado con información de Muñoz et al. 2005, quien reporta que CV´S de 20-40% son intermedios mientras que menores a 10% son bajos. Así mismo se determino el grado de suficiencia, deficiencia y excesos de cada nutrimento en el suelo comparando los contenidos nutrimentales con los rangos de suficiencia reportados por Phytomonitor, 2015. Los resultados de disponibilidad nutrimental se indicaron en rojo para cantidades deficientes, verde en suficientes y morado los excesos.

Resultados y Discusión

En el cuadro 1, 2 y 3 observamos los ANVA para N, P y k respectivamente. Existen diferencias altamente significativas entre localidades para todos los elementos. En los cuadros 4, 5 y 6 se consignan las medias de N, P y K así como la comparación de medias y los CV´S. En estos mismos cuadros se puntualiza con colores el grado de deficiencia, suficiencia y excesos que pueden tener los contenidos de N, P y K en el suelo tomando como referencia los límites de suficiencia reportados por la literatura para cultivos en lo general.

Cuadro 1. Análisis de varianza para contenido de N-NO3

Fuente	Suma de cuadros	GL	Cuadrado medio	F	P
Entre grupos	15825.2	7	2260.74	14.83	0.00
Dentro grupos	9755.54	64	152.43		
Total	25580.7	71			

Cuadro 2. Análisis de varianza para contenido de P.

Fuente	Suma de cuadros	GL	Cuadrado medio	F	P
Entre grupos	130.351	7	18.6215	3.85	0.0015
Dentro grupos	309.624	64	4.83787		
Total	439.975	71			

Cuadro 3. Análisis de varianza para contenido de K.

Fuente	Suma de cuadros	GL	Cuadrado medio	F	P
Entre grupos	59.9161	7	8.55944	32.3	0.00
Dentro grupos	16.9612	64	0.26502		
Total	76.8773	71			

Se observa en la comparación de medias para N-NO3 (ppm) 4 grupos de diferentes localidades que son estadísticamente semejantes entre ellos. Las localidades de Matamoros (Camp.), Nicolas Bravo (Q.Roo) y Emiliano Zapata (Q.Roo) conforman un primer grupo con los promedios mas bajos con 8.51, 8.70 y 10.54 respectivamente mientras que el grupo con valores extremos de 41.82 y 50.59 ppm lo forman Morocoy 1 y Morocoy 2 respectivamente, ambos del estado de Q.Roo. Los CV´S para este elemento, para cada localidad, fluctúan de 38.49% hasta 71.33% con un CV poblacional de todas las localidades de 83.09% considerada como muy alta.

Al comparar los contenidos medios de N-NO3 del suelo, consignados en el Cuadro 4, con las referencias de 20 a 40 ppm como rangos de suficiencia reportados por la literatura (Phytomonotor, 2015) se observa que el 50%% de las localidades (4) presentan deficiencias (Matamoros, Nicolas Bravo, Emiliano Zapata 2 y Conquista Campesina) mientras que el 25% se encuentran en el rango de suficiencia (San Roman y Once de Mayo) y el otro 25% arriba del rango de suficiencia (Morocoy 2 y Morocoy 1).

Cuadro 4. Comparación de medias, CV´S y grado de deficiencia de N-NO3 (ppm)

Localidad	Media	Comparación	Suf/ Def/ Exc.	CV
Matamoros	8.51	a	Deficiente	65.66%
Nicolas Bravo	8.70	a		38.49%
Emiliano Zapata 2	10.54	a		40.38%
Conquista Campesina	14.74	ab		71.33%
San Roman	22.52	b	Suficiente	59.46%
Once de Mayo	25.29	b		41.37%
Morocoy 2	41.82	c	Exceso	39.75%
Morocoy 1	50.59	c		43.43%

Los resultados para P se consignan en el Cuadro 5. La Comparación de Medias permite tener solamente 2 grupos estadísticamente diferentes entre ellos. El primer grupo, estadísticamente igual, con los valores mas bajos de P, lo forman las localidades: Once e Mayo (Camp.), Matamoros (Camp.), Morocoy 1 (Q.Roo), Emiliano Zapata 2 (Q.Roo), San Roman (Q.Roo) y Morocoy 2 (Q.Roo). Los valores máximos de P se encontraron en Nicolas Bravo (Q.Roo) y Conquista Campesina (Q.Roo) con 4.43 y 4.52 ppm respectivamente. Sin embargo todas las localidades muestran tener deficiencias fuertes de P al estar muy por debajo del rango de suficiencia de 20-30 ppm. Los CV´S promedio variaron de 33.32% en Matamoros hasta 96.19% en Once de Mayo, ambos en el estado de Campeche. El 75% de las localidades (6) muestran CV´S arriba del 40% considerado alto. El CV poblacional de 105.48% se considera muy alto. Esto concuerda con estudios de variabilidad espacial (Schepers et al., 2004) donde indican la dificultad de predecir el comportamiento del P debido a su inestabilidad.

Cuadro 5. Comparación de medias, CV´S y grado de deficiencia de P-PO_4- (ppm)

Localidad	Media	Comparación	Suf/ Def/ Exc	CV
Once de Mayo	0.67	a	Deficiente	96.19%
Matamoros	0.82	a		33.32%
Morocoy	2.00	a		84.38%
Emiliano Zapata 2	2.08	a		53.74%
San Roman	2.13	a		59.14%
Morocoy 2	2.19	a		82.32%
Nicolas Bravo	4.43	b		117.25%
Conquista Campesina	4.52	b		32.32%

Se observa en el Cuadro 6 los contenidos de K (meq/100gr) donde las localidades de Emiliano Zapata 2 (Q.Roo), Conquista Campesina (Camp.) y Matamoros (Camp.) son estadísticamente iguales con 0.86, 0.88 y 0.93 meq/100gr. En el extremo opuesto, con 2 meq/100gr se sitúa Once de Mayo (Camp.). Todas las localidades tienen contenidos de K en exceso como lo indica el color morado en la Cuadro 6. El 50% de las localidades (4) tienen CV´S de entre 8.45% hasta 14.88% que pueden ser considerados bajos, 25% de las 8 localidades tienen CV´S intermedios de 27.43% a 31.76% y el otro 25% (2 localidades) tiene CV´S altos de 57.69% a 58.81%. El CV poblacional para K fue de alto con 55.59%.

Cuadro 6. Comparación de medias, CV´S y grado de deficiencia de K (meq/100gr).

Localidad	Media	Comparación	Suf/ Def/ Exc	CV
Emiliano Zapata 2	0.86	a	Exceso	27.43%
Conquista Campesina	0.88	a		58.81%
Matamoros	0.93	a		31.76%
Nicolas Bravo	1.46	b		11.44%
Once de Mayo	2.00	c		57.69%
Morocoy	2.69	d		8.53%
San Roman	2.86	de		8.45%
Morocoy 2	3.23	e		14.88%

Conclusiones

Los *Vertisoles* de la Península de Yucatán son diferentes estadísticamente en sus contenidos de N-NO3, P y K. Todos los elementos mostraron altos CV´S aunque el K obtuvo el CV mas bajo con 55.59% seguido de N-NO3 con 83.09% y P con 105.48%. Todos los *Vertisoles* presentan contenidos deficientes de P y excesos de K. El 50%% de las localidades son deficientes en N-NO3 mientras que el 25% se encuentran en el rango de suficiencia y el otro 25% arriba del rango normal.

Bibliografía

Bautista, F.; Palacio–Aponte, G.; Ortiz-Perez, M.; Batllori-Sampedro, E. y Castillo-González, M. 2005. El origen y el manejo maya de las geoformas, suelos y aguas en la Península de Yucatán, p, 21-32. En: F Bautista y G. Palacio (Eds.). Caracterización y Manejo de los suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones Agropecuarias, Forestales y Ambientales. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán, instituto Nacional de Ecología. 282 p.

Clement, E.; Coulombe, J.B.; Dixon, J.B. and Wilding, L.P. 1996. Mineralogy and Chemistry of Vertisols, p, 115-186. In: Ahmad, N. and Mermut, A. (Eds) 1996. Vertisols and Technologies for their management. Development in soil science 24. 541 p.

IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma

Jaramillo, D. J. 2003. La variabilidad de las propiedades del suelo y su efecto sobre el manejo de la fertilidad. En: curso teórico practico sobre interpretación de análisis de suelos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad nacional de Colombia, Medellín.

Phytomonitor. 2015. Análisis de Fertilidad de suelos y niveles de suficiencia. Culiacán Sinaloa.

Schepers, A.; Shanaham, M.; Liebig, M.; Schepers, J.S.; Johnson, S.; y Luchiari, A.. 2004. Appropriatness of management zones for characterizing spatial variability of soil properties and irrigated corn yield across years. Agron. J. 96,195-203.

Muñoz, J.D., Martínez, L.J. y Giraldo R. 2006. Variabilidad espacial de propiedades edáficas y su relación con el rendimiento en un cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*). Agronomía Colombiana Vol. 24. N° 2. 366 pp.

MATERIA ORGÁNICA Y FERTILIDAD DE SUELOS

Alcalá De Jesús, M[1]; Cortés Vargas MO[1]; González Cortés JC[1]

[1]Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo: Laboratorio de Edafología, Facultad de Biología. Morelia, Michoacán. México.

*Autor responsable: tupuri12@hotmail.com; Tel. +52(443)-322-3500 Ext. 4222.

Resumen

El objetivo del presente estudio fue determinar el contenido de materia orgánica y la clase de fertilidad de suelos en un campus universitario de Michoacán. Se tomaron muestras de suelo en los primeros 37 cm de espesor, se determinó la materia orgánica por el método de combustión húmeda y el pH en agua. Los contenidos de MO variaron de pobres (1.8%) a muy ricos (6.8%). Los muy ricos a ricos se concentran en los primeros 15 cm y los medios a pobres, entre 0 y 37 cm de espesor. 50% de los suelos tienen pH neutro y los demás, son moderadamente ácidos y alcalinos. Entre el pH y la MO no existe significancia estadística (valor de p mayor a 0.05 y un valor de confianza del 95%). Las clases de fertilidad de suelos se determinó con base en el contenido de MO según Ibarra *et al.* (2007). 70% de los suelos son de fertilidad alta y los demás presentan restricción por contener menor MO. El alto contenido de MO y fertilidad de los suelos favorecerá la plantación de vegetación en ciudad universitaria en los espacios correspondientes.

Palabras clave
Indicadores de calidad del suelo, materia orgánica, fertilidad.

Introducción

La fertilidad del suelo es la capacidad que éste tiene para sostener vegetación y depende de varios factores como la disponibilidad de nutrientes, retención de agua y el espacio físico para el crecimiento de las plantas (Sepúlveda *et al.,* 2010). La fertilidad depende en gran parte del contenido de materia orgánica (MO) y ésta proviene de la desintegración de los residuos de la vegetación que sostiene y que se van acumulando en la superficie de los suelos, siendo más alto en los primeros centímetros de espesor. La MO además de ser un indicador de fertilidad, es también un indicador de calidad del suelo, tanto para la agricultura como para las cuestiones ambientales.

La condición de los suelos con fines de fertilidad se ha reportado por Moreno y Dahme citados en Ibarra *et al.* (2007). quienes hacen notar que con base en el contenido de MO se establecen diferentes niveles de fertilidad, así por ejemplo, los suelos muy ricos en MO presentan alta fertilidad, los de regular contenido, una fertilidad regular y los pobres en MO tienen serias limitantes en este ámbito.

En relación con el pH, la literatura indica que entre mayor contenido de MO contenga el suelo, éste presentará mayor acidez, lo cual se puede cumplir en zonas en donde este no se ha removido, sin embargo, en aquéllas en donde con frecuencia hay aportes de materiales de diverso origen, la relación MO y pH depende de los materiales agregados.

En el Campus universitario de la ciudad de Morelia, existen espacios en donde se requiere reubicar a algunas especies vegetales, espacios en los que con frecuencia se ha depositado suelo con escombros de distinto origen, por lo que se requiere saber si éstos suelos son aptos para tal fin. Por esta razón, el objetivo del presente trabajo ha sido determinar el contenido de materia orgánica y con base en ésta y en la literatura, determinar si los suelos del Campus universitario presentan la fertilidad adecuada para la reubicación de especies vegetales.

Materiales y métodos

La zona de estudio se localiza en las instalaciones de Ciudad Universitaria (CU) de la UMSNH, al suroeste de la ciudad de Morelia, Mich. (Figura 1), en una altitud promedio de 1913 m (INEGI, 1998) con un relieve que varía de plano a ondulado y pendiente menor de 5%. El clima es templado subhúmedo (Cwbg) con lluvias en verano y temperatura entre 10 y 22 °C y en el mes más frío entre -3 y 18 °C. La precipitación media anual es de 780 mm (García, 1988). El suelo es Vertisol pélico/3, obscuro, arcilloso y presenta el proceso de expansión-contracción (INEGI, 1985), el drenaje superficial corresponde a una zona receptora y la cobertura vegetal varía en cada sitio.

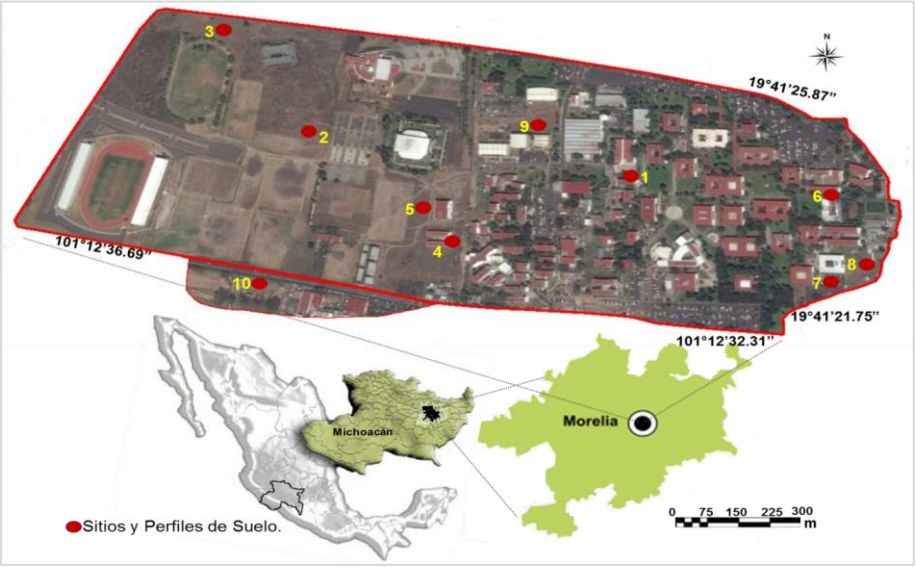


Figura 1. Localización de los perfiles de suelos estudiados.

Se tomaron muestras del horizonte A, entre los 0 y 37 cm de espesor en diez perfiles de suelo (Figura 1) distribuidos de mayor a menor altitud y en las áreas mejor conservadas. El suelo se secó al aire y a la sombra, y se pasó por un tamiz de 2.0 mm de diámetro. Se determinó la MO por combustión húmeda de Walkley y Black y el pH en agua relación 1:2.5 de acuerdo con la metodología propuesta en la NOM-023-SEMARNAT-2001. La condición de los suelos con fines de fertilidad y riesgo a la pérdida se determinó con base en el contenido de MO según Moreno y Dahme citados en Ibarra *et al.* (2007). Se realizó un análisis multivariado tipo discriminante entre la MO y el pH, procesando los datos en el Software Statgraphics plus V.5.1.

Resultados y discusión

Los contenidos de MO varían de pobres (1.8%) a muy ricos (6.8%). Los muy ricos a ricos se concentran en los primeros 15 cm de espesor y se localizan en las zonas de pastizales. Los de MO medios a pobres, entre 0 y 37 cm de espesor asociados a zonas más desprotegidas, en éstos, su menor contenido de MO puede deberse a que ésta migra y se distribuye a más profundidad (Cuadro 1).

Los suelos varían de acidez moderada a alcalinidad moderada, concentrándose 50% de las muestras en los pH neutros en donde la MO oscila de rica a muy rica (Figura 2). El comportamiento de éstos suelos es variable, por ejemplo, en los P1, P3 y P4 con MO muy rica, media y pobre, respectivamente, el pH es muy alcalino y puede asociarse con materiales ricos en bases intercambiables. Estas diferencias se deben a que las muestras de suelo pertenecen a material de diverso origen depositado por el hombre por tratarse de una zona en donde se han construido infinidad de edificios.

Cuadro 1. Materia orgánica y pH en el horizonte A de los suelos.

Perfiles	Espesor	MO	Clase	pH 1:2.5	Clase
	cm	%			
P 1	0-13	6.8	MR	7.5	ALM
P 8	0-15	6.1	MR	7.2	N
P 2	0-10	4.8	MR	5.8	ACM
P 7	0-15	4.7	MR	6.8	N
P 9	0-15	4.3	MR	7.2	N
P 6	0-25	3.9	R	6.8	N
P10	0-35	3.7	R	7.3	N
P 5	0-30	2.3	M	6.4	ACM
P 3	0-37	2.0	M	7.6	ALM
P 4	0-36	1.8	P	8.2	ALM

MO: materia orgánica (MR, muy rica; R, rico; M, media; P, pobre); ALM alcalinidad moderada; N: neutro; ACM: acidez moderada.

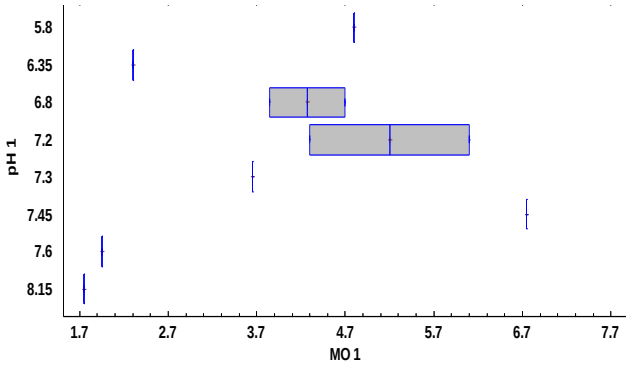


Figura 2. Relación entre la materia orgánica y el pH.

De acuerdo con el análisis estadístico de Kruskal Wallis, en la mayoría de los suelos no se observó una relación directa entre la MO y el pH, es decir, que al ser más alto el contenido de MO el suelo debería ser ácido, por lo que no se presentan diferencias estadísticamente significativas con un valor de p mayor a 0.05 y un valor de confianza del 95%.

Las condiciones de los suelos en cuanto a su fertilidad y conservación según Moreno y Dahme citados en Ibarra *et al.* (2007) se presentan en el Cuadro 2 y en la Figura 3 en donde se muestra que en 70% de los suelos estudiados, a mayor contenido de MO su fertilidad y productividad es alta y los suelos están mejor conservados, en cambio, ésta condición se ve restringida cuando la MO disminuye como en el caso de los Suelos 3 al 5 en donde la productividad es limitada y el riesgo a la pérdida de los suelos incrementa.

Cuadro 2. Fertilidad de los suelos con base en el contenido de MO.

Suelos	MO	Clase de MO	Fertilidad y conservación de suelos
	%		
1, 8, 2, 7, 9	≥ 4.0	MR	Alta fertilidad. Contribuye en la conservación y productividad del suelo.
6 y 10	3.0 - 3.99	R	Fertilidad adecuada o buena. Contribuye a la conservación del suelo.
3 y 5	2.0 - 2.99	M	Regula la fertilidad de los cultivos. Limita la conservación y productividad.
4	1.0 - 1.99	P	Restringe la conservación y productividad. Riesgo a la pérdida del suelo.

MO: materia orgánica (MR, muy rica; R, rica; M, media; P, pobre)

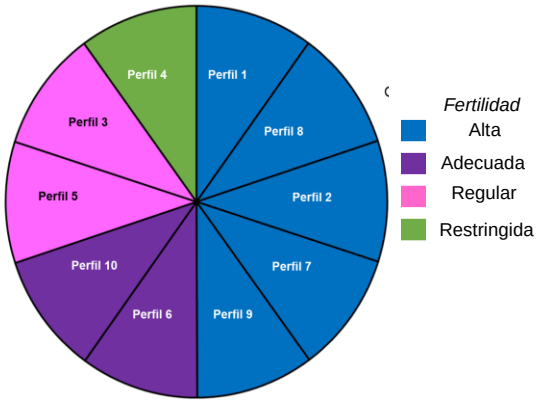


Figura 3. Fertilidad de los suelos con base en Moreno y Dahme citado en Ibarra *et al.* (2007).

Conclusiones

Setenta por ciento de los suelos son muy ricos y ricos en MO y esto contribuye en su fertilidad, productividad y conservación de alta a buena. pH neutros existen en 50% de los suelos, 30% moderadamente alcalinos y 20% moderadamente ácidos. La relación entre MO y pH no es estadísticamente significativa. El alto contenido de MO y fertilidad de los suelos favorecerá la plantación de vegetación en ciudad universitaria en los espacios correspondientes.

Bibliografía

Cuanalo, C. H. 1990. Manual para la Descripción de Perfiles de Suelos en el Campo. 3a. ed. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. p 40.

Ibarra C. D., J. A. Ruiz C., J. G. Flores G. y D. R. González E. 2007. Distribución espacial del contenido de materia orgánica de los suelos agrícolas de Zapopan, Jalisco. Terra Latinoamericana. 25:187-194.

INEGI. 1985. Síntesis Geográfica del Estado de Michoacán. Morelia, Mich.

INEGI. 1998. Carta Topográfica E14A23 Morelia, Esc. 1:50 000.

IUSS-ISRIC-FAO (WRB). 2007. Base referencial Mundial del Recurso Suelo. Traducción al español de M. S. Pazos. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos. No. 103. FAO, Roma.

NOM (Norma Oficial Mexicana. Diario oficial de la federación). 2003 (23 de abril). NOM-023-SEMARNAT-2001. p 73.

Porta C., J., M. López - Acevedo R., y C. Roquero de L. 2003. Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente. 3ª ed. Mundi – Prensa, España. 849 p.

Sepúlveda S. F., Tapia F. F. y Ardiles R. S. 2010. Beneficios de la materia orgánica en los suelos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro de Investigación Especializado en Agricultura del Desierto y Altiplano (CIE), INIA URURI, Región de Arica y Parinacota. Ministerio de Agricultura. Informativo n° 23, abril de 2010.

Statistical Graphics, Corp. 2001. Statgraphics Plus V.5.1 for Windows, Rockville, MD.

EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA, ORGÁNICA E INOCULANTES BIOLÓGICOS EN EL RENDIMIENTO DE DOS GENOTIPOS DE PAPAYO

Alcántara-Jiménez, JA[1*]; Michel-Aceves, A[2]; Solís-Martínez, M[3]; Díaz-Villanueva, G[4]; Salmerón-Erdosay, J[5]; Juárez-López, P[6]; Díaz-Nájera, JF[7]

[1, 2, 3, 4, 5] Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGro). Cocula, Guerrero. México.
[6]Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México.
[7] Departamento de Fitotecnia, Instituto de horticultura. Universidad Autónoma Chapingo. México.

*Autor responsable: aaja61@hotmail.com Calle: Av. Vicente Guerrero Núm. 81 Primer Piso, Col. Centro, Iguala, Guerrero. México. CP 40000; Tel. +52(733)-332-4328; 01-(736)-3350480

Resumen

Se evaluaron los genotipos Maradol y Mulata en combinación con fertilizantes químicos (18-46-00; N - P_2O_5 - K_2O), productos orgánicos (Bocashi y Natur-Abono) e inoculantes biológicos (*Trichoderma* spp., *Glomus intraradises*, G. *faciculatum* y *Azospirillum brasilense*) en el Valle de Cocula, Gro., mediante un arreglo bifactorial 2 x 3. El diseño utilizado fue de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas, con tres repeticiones. Las enfermedades se controlaron con rotación de fungicidas (benomilo y sulfato de cobre) y el control de maleza fue manual y con herbicida (glifosato). Los tratamientos de fertilización se hicieron al trasplante (80 g de la mezcla 18-46-00; 1.5 kg de Natur-Abono planta^{-1} y 250 mL de Biobravo ha^{-1}); para la segunda y tercera aplicación cambió la nutrición química por 150 g de 18-46-00 + 100 g de K_2O. Se consideraron 13 variables a las cuales se les realizó el análisis estadístico. La fertilización química obtuvo resultados positivos en 6 variables. Los productos biológicos y orgánicos se mantuvieron en segunda y tercera alternativa después de los químicos al manifestar efectos positivos en las variables. Las condiciones de la región permiten mantener una producción de papaya mayor que el promedio estatal con cualquiera de las formas de nutrición evaluadas.

Palabras clave
Papayo; Fertilización; Genotipos

Introducción

La papaya *Carica papaya* L. es una de las frutas con mayor demanda en los mercados mundiales, reflejándose en su producción. Actualmente, México está ubicado en el cuarto lugar a nivel mundial produciendo 764,514.40 t, siendo el primer exportador con el 12.13 % de la producción a los Estados Unidos de Norteamérica (SIAP, 2013 y García *et al*., 2014).

El genotipo más demandado tanto para el productor como para el consumidor es la variedad Maradol debido a su alta productividad y calidad de los frutos. Sin embargo, con mínimas diferencias la variedad Mulata compite con la antes mencionada, cada una presentando características que sobresalen dependiendo de la región de producción y el manejo que se le otorgue. Las formas de producción tradicionales, es decir, con exceso de agroquímicos, principalmente productos químicos han inducido un desgaste notable en el suelo provocando baja fertilidad, factor que en este cultivo provoca la obtención de frutos de baja calidad (Khalil *et al*., 1999); pero cuando se suministran de

manera adecuada a la planta, presenta excelente respuesta manifestándose con una producción temprana.

Por otro lado, los microorganismos como las micorrizas ponen a disposición de las plantas nutrientes y agua, para que puedan ser aprovechados más fácilmente y de forma natural (Lazcano, 1999). Éstos presentan facilidad de multiplicación para algunos de ellos facilitando su disponibilidad y así generar ahorro económico. Estos hongos o bacterias benéficos han permitido crear una producción más sustentable al mejorar o inducir un desarrollo más vigoroso de la planta, incrementando la supervivencia de la misma, mediante la aplicación de estos biopreparados que se pueden adquirir de manera comercial (Infante, 2011).

De igual manera, se ha observado que la nutrición proveniente de materia orgánica como compostas, abonos tipo bocashi etc., realizan aportes relevantes en la planta y el suelo; pueden aprovecharse los abonos verdes y/o estiércol de animales confinados como compuestos primarios, aunque actualmente existen comercialmente infinidad de productos en el mercado, los cuales tienen propósito de ampliar y mejorar la fertilización del cultivo, logrando producir frutos que aporten beneficios al consumidor y no contaminan la naturaleza.

Materiales y Métodos

La presente investigación se realizó en el Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. En la región predomina un clima tropical seco con un suelo arcilloso, rico en materia orgánica con un pH ligeramente alcalino (Arancibia, 2013). Se utilizaron los híbridos Maradol y Mulata. Para la elaboración del semillero se utilizó una mezcla de tierra lama y composta en proporción de 2:1 kg, la cual se sometió a un proceso de esterilización con formol. Se sembró el 28 de diciembre de 2013; a los 50 días se trasplantó a macetas de polietileno negras de 15 x 20 cm; la cual se llenó con el mismo sustrato utilizado en el semillero. En la preparación del terreno realizó un barbecho con un paso de rastra; posteriormente se formaron las camas de 1.5 m de ancho y 27.3 m de largo, donde se establecieron las plantas. Se utilizó el método de plantación rectangular 2.10 x 3.00 m, obteniendo un total de 1,587 plantas ha^{-1}. La apertura de cepas se realizó con las dimensiones de 40x40x40 cm. Se realizó una mezcla de arcilla, bocashi y hojarasca 58; 4 y 0.5 kg respectivamente. Como barrera vegetal se utilizó maíz VS-535, el cual se sembró previo al trasplante (13 febrero del 2014) sobre el talud del surco a una distancia de 30 cm entre mata con dos semillas por mata y 1.50 m entre surcos. En todas las cepas se depositaron 60 g de urea antes de realizar el trasplante. En el tratamiento orgánico se mezcló la primera fracción de nutrición con la tierra para el relleno; y los tratamientos químico y biológico se aplicó una vez trasplantada la planta (12 marzo del 2014); posteriormente se dio un riego ligero para evitar el marchitamiento de la planta. Después del trasplante, en las hileras de plantas se colocaron arcos de alambre galvanizado (N°. 8) a 2 m de separación, sobre los cuales se colocó tela de agribón color blanco (17 g/m^2 de 2 m de ancho) con el propósito de evitar enfermedades virales; la tela se retiró a los 51 días después del trasplante. Él control de malezas se realizó de forma manual con azadón cuando la incidencia de malezas fue alta, una vez que se establecieron las lluvias, se requirió la aplicación de herbicida (Faena; glifosato con una dosis comercial 2 L ha^{-1}). Para el manejo fitosanitario del cultivo se realizaron las aplicaciones de productos como detergente en polvo (ROMA) 2 g L^{-1}; benomilo + sulfato de cobre 2 + 2 g L^{-1}; extracto vegetal (chile, ajo y cebolla) 50 ml L^{-1}; monocrotofos*1 L ha^{-1}. Los riegos fueron suministrados por gravedad cada tercer día, conforme la planta se desarrollaba los riegos fueron cada ocho días. La cosecha se realizó semanalmente, una vez iniciada la formación de betas en el fruto. Se realizaron cinco cortes manuales. Se consideraron dos genotipos y tres tipos de fertilización, en un arreglo

bifactorial 2 x 3. Generando seis tratamientos con fertilización química, biológica y orgánica para cada uno de ellos. Utilizando un diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas. Los genotipos se establecieron en la parcela grande y la fertilización se ubicó en la parcela chica. Se utilizaron tres repeticiones con 24 unidades experimentales. Cada unidad se conformó por tres plantas las cuales ocuparon una superficie de 6.3 m de largo por 1.5 de ancho. (Para la fertilización química se utilizó la fórmula 18 - 46 - 00 (N - P_2O_5 - K_2O); como fertilizante orgánico el Natur-Abono y el Biológico Biobravo) a dosis de 150 (g), 1.5 (kg/planta) y 250 mL ha^{-1}) respectivamente. Asimismo se complementó con dos aplicaciones de Bayfolan forte a dosis de 30 mL/10 L de agua). Se consideraron las siguientes variables de estudio: número de días a floración, diámetro del cuello de la planta, altura de la planta, número de hojas $planta^{-1}$, número de frutos $planta^{-1}$, altura al primer fruto, longitud del tramo fructífero, número de días a la cosecha, diámetro del fruto, longitud del fruto, °Brix, peso promedio del fruto, rendimiento de fruto. A las variables evaluadas se les realizó un análisis de varianza de acuerdo al diseño experimental de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas, se procesaron los datos utilizando el programa Statical Analysis System (SAS), con una prueba de comparación de medias de Tukey con probabilidad del 5 % y una de correlación para determinar la relación entre las variedades evaluadas (Herrera y Lorenzana, 1994).

Resultados y Discusión

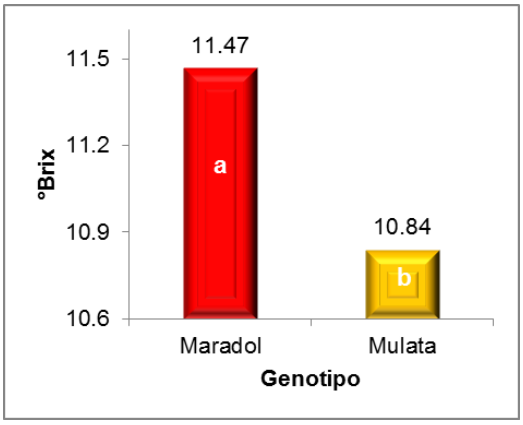
En el trascurso del trabajo se presentó una precipitación pluvial de 1,223 mm, correspondiente al año 2014 (SMN-CONAGUA, 2015), lo cual provocó incidencia de enfermedades como pudrición en el cuello de la planta causada por *Phytophthora* sp. y antracnosis en flores y frutos pequeños causados por *Colletotrichum gloesporioides* Penz, las cuales se controlaron con los fungicidas antes mencionados; además de vientos que causaron acames ligeros en el genotipo Maradol con fertilización química. Asimismo, se presentó la araña roja *Tetranychus* sp., en la etapa de desarrollo a los 30 días después del trasplante, lo cual ocasionó daños foliares. Debido a que la enfermedad virus mancha anular, es una de las más destructivas de este cultivo, se tomaron las prevenciones necesarias para evitar la presencia del vector, principalmente de áfidos, mediante aspersiones de los productos antes mencionados.

En el Cuadro 1 se muestra una síntesis de los análisis estadísticos, donde se observa que el factor genotipo tuvo efectos significativos en las variables número de días a floración, diámetro del fruto, longitud del fruto y °Brix. Para el factor fertilización, el efecto fue significativo en el número de frutos $planta^{-1}$, diámetro del fruto, longitud del tramo fructífero y rendimiento de fruto. La interacción de los dos factores sólo influyó en los días a la cosecha.

La variable °Brix presentó diferencias altamente significativas entre los genotipos; porque el mayor índice fue de 11.47 y se obtuvo en frutos de Maradol. Por otra parte, el factor fertilización no mostró diferencias estadísticas para esta variable a pesar que en el tratamiento químico se obtuvo un promedio ligeramente mayor que en los otros tratamientos (Figura 1).

Cuadro 1. Síntesis del análisis estadístico de las variables evaluadas en el experimento.

No.	Variable	Genotipo	Fertilización	Interacción (G x F)	C.V. (%)
1	Número de días a floración	5.76*	0.87NS	1.76NS	1.30
2	Diámetro del cuello de la planta	1.43NS	2.44NS	0.23NS	7.49
3	Altura de la planta	8.44NS	1.82NS	0.40NS	6.74
4	Número de hojas planta^{-1}	2.54NS	2.61NS	0.88NS	8.40
5	Número de frutos planta^{-1}	0.70NS	6.47*	1.92NS	33.82
6	Altura al primer fruto	0.62NS	8.62*	1.92NS	7.23
7	Longitud del tramo fructífero	2.28NS	14.37**	0.01NS	12.08
8	Número de días a la cosecha	1.45NS	26.16**	5.05*	1.23
9	Diámetro del fruto	6.98*	6.90*	1.48NS	6.82
10	Longitud del fruto	21.92*	1.15NS	2.42NS	7.16
11	°Brix	330.98**	2.69NS	0.92NS	0.65
12	Peso promedio del fruto	5.22NS	0.71NS	0.25NS	11.75
13	Rendimiento de fruto	3.46NS	7.12*	1.06NS	34.34



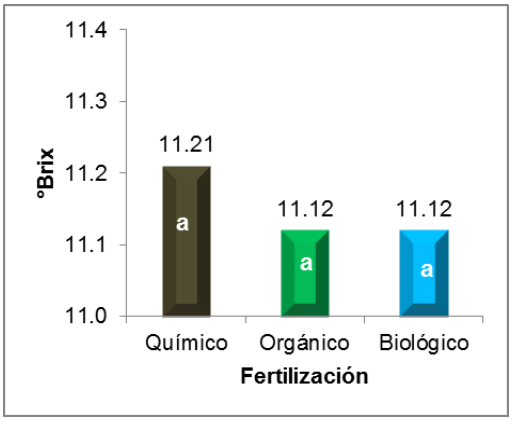


Figura 1. Número de días a floración en dos genotipos de papayo, con tres formas de fertilización edáfica.

Alcántara *et al.* (2010), obtuvieron mayor contenido de solidos solubles en la variedad Maradol con un total de 13 °Brix. En cambio Lara (2003) en el mismo genotipo obtuvo resultados similares a los del presente trabajo de investigación, reportando un promedio de 11.93 °Brix donde se aplicaron nutrientes químicos a la planta.

Conclusiones

Las variables número de días a floración, diámetro y longitud del fruto y °Brix fueron afectadas por el factor genotipo. El tipo de fertilización empleada modificó el número de frutos, altura al primer fruto, número de días a la cosecha y diámetro del fruto. La fertilización química obtuvo resultados positivos en 6 de las 13 variables evaluadas. Los productos biológicos se mantuvieron en segunda alternativa después de los químicos al manifestar efectos positivos en tres variables. El genotipo Mulata presentó mayor número de días a floración, diámetro y longitud del fruto, que Maradol. El genotipo Maradol superó a Mulata sólo en °Brix. Los inoculantes biológicos favorecen el retraso de la cosecha y el incremento del diámetro del fruto. Las condiciones de la región permiten mantener una producción del cultivo de papaya mayor que el promedio estatal con cualquiera de las formas de nutrición evaluadas. El rendimiento se correlaciona positivamente con el diámetro del cuello y altura de la planta, el número de frutos y la longitud del fruto. El rendimiento se relaciona negativamente con la altura al primer fruto y el número de días a la cosecha.

Agradecimientos

Se agradece al Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGro), por el apoyo otorgado para realizar el presente trabajo.

Bibliografía

Alcántara, J. J. Á.; Hernández, C. E.; Ayvar, S. S.; Damián, N. A. y Brito, G, T. 2010. Características fenotípicas y agronómicas de seis genotipos de papaya Carica papaya L. de Tuxpan, Guerrero, México. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 1 (1): 035-046.

Arancibia, M. C. M. 2013. Estado nutrimental de los campos experimentales del CEP- CSAEGro. Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios Profesionales del Estado de Guerrero. Cocula. Guerrero, México.

García, C. G.; Mora, E. F.; González, B. R.; Rodríguez, G. N.; Maza, M. M.; y Cárdenas, M. F. 2014. Situación actual de la papaya. En red. http://www.propapaya.org/conocenos. Fecha de consulta 21/10/14

Herrera, H. L. G. y Lorenzana, H. G. 1994. Aplicación de SAS, Statical Analisis System a los métodos estadísticos. Apoyo estadístico N° 3. Instituto Tecnológico Agropecuario a Oaxaca. Centro de Investigación y Graduados Agropecuarios. México, D. F. 102 pp.

Infante, L. A. 2011. Manual de biopreparados para la agricultura ecológica. SUFRUT. Programa territorial orgánico. Santiago de Chile.

Khalil, G. A.; Ferrera, C. R.; Aguilar, A. L. y Larque, S. M. 1999. Crecimiento de Sesbania emerus (Aubl) Urban inoculada con Glomus sp. En presencia de vermicomposta. Terra Latinoamericana, Vol. 17, 2. El caribe. España.

Lara, R. E. 2003. Evaluación de dos sistemas de manejo en papayo variedad Maradol en Tuxpan, Gro. Centro de Estudios Profesionales. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CEP-CSAEGro.) Tesis Licenciatura. Cocula, Guerrero MexicoLazcano, F. I. 1999. Informaciones agronómicas. Edición para México y Norte de Centroamérica. Instituto de la Potasa y el Fósforo A.C. Querétaro, Qro.16 p.

SIAP. 2013. Cierre de la producción agrícola por estado. En red. http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/ Fecha de consulta 21/01/15.

SMN-CONAGUA, 2015. Precipitación a nivel nacional y por entidad federativa 2014. Comisión nacional del Agua (CONAGUA). México.

PROPIEDADES DE SUELOS EN DOS AGROECOSISTEMAS EN CONDICIONES DE RIEGO Y TEMPORAL

Armida-Alcudia, L[1*]; Osorio-Acosta, F[2]; Luna-Ramírez, S[3]

[1,2 y 3] **Colegio de Postgraduados-Campus Veracruz. Manlio F. Altamirano, Veracruz, México.**

*Autor responsable: alcudial@colpos.mx; Km. 88.5 Carretera Federal Xalapa-Veracruz, Predio Tepetates, Manlio Fabio, Veracruz, Mexico. CP 91690; Tel. +52(229)2-01-07-70

Resumen

En la región Centro de Veracruz, la caña de azúcar y el maíz representan dos de las actividades agrícolas sustantivas que debido a su importancia social, económica y ecológica, fueron considerados en el presente estudio. El objetivo fue la caracterización física y química del suelo de dos agroecosistemas bajo dos condiciones de manejo (riego y temporal) para determinar las diferencias en sus propiedades a través de indicadores de calidad. Las localidades de estudio fueron Mata Tejón (S1), el Potrero (S1), Tepetates (S1) y Tierra colorada (S1). Se realizó un muestreo en zigzag colectándose cuatro muestras compuestas de cada sitio a una profundidad de 0-30 cm, las cuales fueron enviadas al laboratorio para el análisis de pH, CE, MO, N, P, K, Ca, Mg, Na, CIC y textura de acuerdo a las metodologías aplicadas en el LASPA-Campus Tabasco del Colegio de Postgraduados; así también, se tomaron datos de precipitación y temperatura durante el año. Los resultados fueron analizados en el programa STATISTIC 7, se aplicaron estadísticos de tendencia central (medias, varianza así como ANOVA (P=0.05). Los sitios con maíz en general, presentaron los más bajos niveles de fertilidad del suelo con pH medianamente ácidos, pobres en materia orgánica al igual que el contenido de carbono orgánico soluble, pobres en nitrógeno y sólo altos en contenidos de fósforo; existieron diferencias significativas entre los suelos de temporal con respecto a los de riego en propiedades como el pH y P. Para los sitios con caña de azúcar en condiciones de temporal presentó los mejores contenidos nutrimentales clasificándose de medios a altos y siendo estadísticamente diferentes en la mayoría de las propiedades evaluadas al de riego, destacando la MO y el P. La caña de azúcar en el sitio de temporal presentó los mejores contenidos nutrimentales en comparación al de riego y para maíz no hubo diferencias estadísticas entre ambos sitios, pero con una tendencia similar al del cultivo de caña de azúcar.

Palabras clave
Rendimiento; maíz; caña de azúcar

Introducción

La calidad del suelo definida como la capacidad de funcionar de un especifico tipo de suelo es evaluada midiendo un grupo mínimo de datos de propiedades del mismo para estimar la capacidad del suelo para realizar sus funciones básicas (USDA, 1999). La identificación de indicadores de la calidad del suelo es una herramienta importante de análisis, que sirve para evaluar procesos y obtener índices, con los cuales es posible reconocer problemas en el área productiva, realizar

estimaciones reales en la producción de alimentos, medir cambios en la calidad ambiental relacionados con el manejo de la agricultura, y conocer el funcionamiento de procesos importantes como la mineralización del carbono (C) y nitrógeno (N) (Bergstrom *et al*., 1998). Estos indicadores sirven como instrumentos de control para proveer resultados para comparar sistemas de manejo, monitorear la calidad del suelo a lo largo del tiempo y para diagnosticar posibles problemas debido al uso y manejo de las tierras. Aunado a lo anterior los indicadores deben ser evaluados dentro del contexto de las características del sitio, y climáticas. En virtud de que existen muchas propiedades alternativas para evaluar la calidad del suelo, Larson y Pierce (1991); Doran y Parkin (1994) y Seybold *et al.* (1997) plantearon un conjunto mínimo de propiedades del suelo para ser usadas como indicadores para evaluar los cambios que ocurren en el suelo con respecto al tiempo. Los indicadores disponibles para evaluar la calidad de suelo pueden variar de localidad a localidad dependiendo del tipo y uso, función y factores de formación del suelo (Arshad y Coen, 1992). El objetivo del presente estudio fue determinar las propiedades físicas y químicas en agroecosistemas cultivados con caña de azúcar y maíz, bajo condiciones de riego y de temporal que indiquen cambios en la calidad del suelo.

Materiales y Métodos

Se seleccionaron cuatro parcelas como unidades de estudio, dos de maíz y dos de caña de azúcar, cada una bajo manejo de riego y de temporal (Cuadro 1). Se realizó el muestreo de suelos en el 2013, tomándose muestras de los primeros 30 cm de profundidad, tomándose 4 muestras compuestas por sitio de muestreo. Las propiedades físicas y químicas determinadas en el suelo fueron: textura, pH, MO, Nt, P, K, COS, Ca, Mg, CIC de acuerdo a los procedimientos indicados en la NOM-021-RECNAT (2002) del Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, estas propiedades son empleadas como indicadores de cambios en la calidad del suelo.

Cuadro1. Tipo de agricultura de las localidades de estudio

Sitio	Agroecosistemas	Agricultura
S1	Caña	Riego
S2	Caña	Temporal
S3	Maíz	Riego
S4	Maíz	Temporal

Se colectaron datos de la precipitación y temperatura de cada sitio de estudio para integrarla en una base de datos y observar la influencia de estos factores sobre las propiedades del suelo.
Los datos obtenidos de los análisis químicos y físicos, se analizaron con medidas de tendencia central y de dispersión, así como una prueba de medias (Tukey P=0.05), en el paquete Statistic Ver. 7.0.

Resultados y Discusión

Características de los sitios de estudio

La temperatura osciló durante la época de muestreo entre 21 y 26 ºC y una precipitación promedio de 700 mm. El sitio 1 es caña de azúcar, variedad de CP 72-2086 con un rendimiento promedio de 120 t ha^{-1}, la vegetación aledaña son cultivos de limón y caña de azúcar tiene un manejo intensivo con siembra de temporal y manejo tradicional, es un suelo plano, barroso con altos contenidos de arcilla y ha sido cultivado por 100 años. En el sitio 2, tiene la misma variedad con un rendimiento promedio de 120 t h^{-1} y cultivada por más de 18 años y con condiciones similares al sitio 1, con aplicación de riego.

El sitio 3 siembra maíz blanco en temporal con manejo tradicional, se cultivan dos ciclos por año y llega a tener un rendimiento de cuatro t ha^{-1} en promedio, y dependiendo de la lluvia puede alcanzar hasta seis t ha^{-1}. Es un suelo con textura arenosa susceptible a la erosión.
Y por último el sitio 4 presenta un suelo arenoso, susceptible a la erosión, el cultivo de maíz en esta zona es la variedad CP- 569 y tienen un rendimiento de 3 a 6 t ha^{-1} en promedio, con manejo tradicional y bajo condiciones de riego, su producción es para venta de semilla principalmente.

Propiedades físicas y químicas de los suelos

La caracterización física y química de los suelos con caña de azúcar muestran que son suelos franco arcillo arenoso a arcillosos por sus altos contenidos de arcillas, son suelos generalmente denominados barrosos, le confiere un drenaje lento, y son más propensos a la compactación. Ambos suelos presentan mediana fertilidad, con diferencias estadísticas en propiedades en pH, materia orgánica, fósforo y calcio principalmente (Cuadro 2), esto parámetros difieren principalmente en el manejo del suelo, el sitio con riego es un suelo relativamente con menos años dedicados al cultivo de la caña en comparación con el sitio de temporal, en el cual, el uso intensivo y continuo como monocultivo han deteriorado significativamente su fertilidad y composición estructural (Salgado *et al.,* 2013). Los altos contenidos de materia orgánica en el sitio 1 es por la adición de subproductos orgánicos de la misma caña de azúcar, tratando de entrar a una cultura de conservación del recurso, y es el primer año de aplicación que realizan.

Cuadro 2. Propiedades Físicas y químicas en el agroecosistema caña de azúcar bajo condiciones de riego y temporal

Localidad	Tipo de agricultura	pH (H2O)	CE	MO	CO	Nt	P	S	K	Ca	Mg	Na	CIC	Clasificación textural
		rel 1:2	µS cm^{-1}	%			mg kg^{-1}	cmol kg^{-1}						
Potrero	Temporal	5.8 b	30.99	6.67 a	3.87	0.14	63.8 a	11.92	0.26 b	6.74 b	1.84	0.10	16.23	arcilla
Tierra Colorada	Riego	6.62 a	54.74	2.29 b	1.33	0.13	17.4 b	13.13	0.37 a	14.71 a	4.31	0.11	17.27	Arcilla

El maíz como cultivo de importancia tradicional en México, se adapta a todos los tipos de suelos y ambientes (Castillo-Nonato y Chavez-Mejia, 2013). Los sitios con maíz en general, presentaron los más bajos niveles de fertilidad del suelo con pH medianamente ácidos, pobres en materia orgánica al igual que el contenido de carbono orgánico soluble, pobres en nitrógeno y sólo altos en contenidos de fósforo; existieron diferencias significativas entre los suelos de temporal con respecto a los de riego en propiedades como el pH y fósforo (Cuadro 3). Los bajos contenidos nutrimentales se deben al tipo de suelo que presentan, por lo que ambas localidades requieren de un manejo enfocado a incrementar tanto su productividad como conservar su fertilidad.

Cuadro 3. Propiedades Físicas y químicas en el agroecosistema maíz bajo condiciones de riego y temporal

Localidad	Agricultura	pH (H_2O)	CE	MO	CO	Nt	P	S	K	Ca	Mg	Na	CIC	Clasificación textural
		rel 1:2	µS cm^{-1}	%			mg kg^{-1}	cmol kg^{-1}						
Tepetates	Riego	5.9	36.61	3.27	1.9	0.11	18.56 b	12.16	0.19	8.38	3.46	0.11	12.66	Franco arcillo arenoso
Mata Tejón	temporal	5.7	46.53	1.85	1.07	0.08	38.47 a	11.76	0.51	2.02	1.98	1.98	1.98	Franco arenoso

En general la condición de riego o temporal no marcaron una diferencia en los rendimientos obtenidos, en cuanto a los indicadores de calidad del suelo los más susceptibles que marcaron diferencias fueron el pH, la materia orgánica, fósforo y calcio.

Conclusiones

Las tendencias marcan que en el cultivo de caña de azúcar y en maíz en condiciones de temporal presenta mejores contenidos nutrimentales

El manejo del agua no es una limitante en ambos cultivos, más bien existe la necesidad de establecer medidas de conservación que permita amortiguar y preservar las pérdidas de suelo y nutrientes para mantener su capacidad productiva.

Agradecimientos

Línea prioritaria de investigación 8: impacto y mitigación del cambio climático.

Bibliografía

Navarrete A., G. Vela, J. López, Ma. De L. Rodríguez. 2011. Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. 9p.

Bautista, C. A., J. Etchevers B., R.F. del Castillo y C. Gutiérrez. 2004. *Ecosistemas* 2004/2 (URL: http://www.aeet.org/ecosistemas/042/revision2.htm)

Castillo-Nonato J y C. Chávez-Mejía.2013. Caracterización campesina del manejo y uso de la diversidad de maíces en San Felipe del Progreso, Estado de México. ASyD 10: 23-38.

Doran, J.W. y Parkin, B.T. 1994. *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment.* Soil Science Society of America, Inc. Special Publication. Number 35. Madison, Wisconsin, USA.

Larson, W.E. y Pierce, F.J. 1991. Conservation and Enhancement of Soil Quality. In Evaluation for sustainable land management in the developing world. En *Proc. of the Int. Work-shop on Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World, Chiang Rai.* pp. 175-203. 15-21 Sept. 1991. Int. Board of Soil Res. and Manage., Bangkok, Thailand.

Salgado-García S., D.J. Palma-López, J. Zavala-Cruz, L.C. Lagunes-Espinoza, M. Castelán-Estrada, C.F. Ortíz-García, J.F. Juárez López, O. Ruiz-Rosado., L. Armida-Alcudia., y J.A. Rincón-Ramírez. 2013. Sistema Integrado Para Recomendar Dosis de Fertilizantes en Caña de Azúcar (SIDRF): Ingenio Presidente Benito Juárez, Colegio De Postgraduados, ISBN 978-607-7533-18-4.

Statistica. 1995. User Guides Stat-Soft Inc. Tulsa. USA.

CINÉTICA DE NEUTRALIZACIÓN DE SUELOS Y JALES MINEROS PARA EL DESARROLLO DE PLANTAS

Cruz Ruiz, E[1,2]; Aguirre Gómez, A*[1], Nadal Ruiz, P [1].

[1]. Laboratorio de Análisis e investigación de Química Agrícola Ambiental, FESC, Campo. 4, Universidad Nacional Autónoma de México.
[2]. Posgrado en Ciencias de la Tierra Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México Ciudad Universitaria.

contacto: ecrunam@gmail.com, aag@unam.mx; Carretera Cuautitlán-Teoloyucan Km. 2.5, San Sebastián Xhala, 54714 Cuautitlán Izcalli, Méx. Apdo.Postal 54700 (52)-(55)-56231999-(ext-39435).

Resumen

Los depósitos de jales de las zonas mineras presentan generalmente elevadas concentraciones de metales pesados contaminantes, con graves efectos potenciales al ecosistema y al desarrollo de la vegetación en general. La existencia de plantas capaces, no sólo de desarrollarse en estas condiciones adversas de contaminación, sino de absorber e hiperacumular dichos metales en sus órganos de crecimiento (fitoextracción), ofrece una técnica eficaz para proteger de la erosión estos ambientes mediante la creación de una cubierta vegetal, además de colaborar en el fitobeneficio mineral y en el mejoramiento de la fertilidad del suelo.

El presente trabajo tiene como objetivo mostrar estudios preliminares del encalado de jales provenientes de la mina Zimapán (Hidalgo ,México) como una práctica adecuada para corregir los efectos nocivos de la acidez y permitir el desarrollo vegetal de las especies ***cebada*** ((*Hordeum vulgare*) y algunas gramíneas.

Los resultados de este trabajo ponen de manifiesto la necesidad de implementar prácticas agrícolas adecuadas que reduzcan las condiciones adversas del medio lo cual permitiría el desarrollo de una cubierta vegetal sobre los depósitos de jales mineros (Mc Lean (1982)).

Palabras clave
Jales mineros, encalado y fitorremediación.

Introducción

La actividad minera presenta efectos nocivos sobre el medio ambiente debido principalmente a la deposición "no controlada" de los residuos resultantes de la extracción mineral (jales) (Dudka y Adriano 1997). Dichos residuos suelen presentar características desfavorables para el establecimiento de comunidades vegetales, como bajo pH, altas concentraciones de metales tóxicos, alto contenido de sales (Norland y Veith 1995, Wong *et al*. 1998), baja retención de agua (Henriques y Fernandes 1991, Norland y Veith 1995), así como importantes deficiencias nutrimentales (Wong 2003). Además, en ocasiones, dichas deposiciones se realizan en zonas de pendientes inestables y propensas a la erosión (Henriques y Fernandes 1991).

Entre las técnicas que se pueden emplear en la recuperación *in situ* de estos desechos mineros, la revegetación es considerada una de las más adecuadas a largo plazo (Tordoff *et al*. 2000). El desarrollo de una cubierta vegetal proporciona una protección eficaz contra la erosión eólica y la

hídrica, así como contra la dispersión de contaminantes, mientras que las raíces de la planta ayudan a prevenir los procesos de lixiviación (Mendez y Maier 2008), principalmente. Esto es posible gracias a plantas que se han adaptado para crecer en climas áridos, en suelos con bajo contenido de nutrientes y elevadas concentraciones de metales tóxicos (Conesa *et al*. 2007a). Además, está cubierta vegetal puede mejorar las condiciones de nutrientes en el suelo (Cobb *et al*. 2000), pudiendo servir de base para el establecimiento de una cubierta vegetal autosuficiente (Norland y Veith 1995).

La planta comúnmente *Hordeum vulgare* conocida como la planta de cebada , es frecuentemente citada en trabajos de fitorremediación/fitoextracción debido a su capacidad de tolerar y acumular elevadas concentraciones de Cr, Pb, Zn, Cu, Au, Se y de otros elementos traza potencialmente tóxicos (Clemente *et al*. 2005). Además se ha observado que presenta rápido crecimiento, que requiere de poca agua (importante en zonas áridas y semiáridas con explotaciones mineras), además de presentar una elevada tasa de producción de biomasa. (Singh *et al*. 2007; Nouairi y Ammar 2009, Sharma *et al*. 2010, Bauddh y Singh 2012).

El pH de los suelos y de otros ambientes de crecimiento vegetal, incluyendo el de los rellenos de jales mineros, es un factor fundamental en las actividades de fitorremediación, que afecta de forma decisiva la biodisponibilidad y la absorción de metales (tóxicos y nutrimentales) por las plantas (Li *et al*. 2003). Los jales con pH neutro parecen presentar menos limitaciones para el crecimiento de las plantas, que aquellos que presentan elevada acidez (Conesa *et al*. 2007b).

Materiales y métodos

Muestreo: Tanto el jal como el suelo empleado en el presente estudio se muestrearon en las minas "El Monte" y "Carrizal", explotadas por la empresa Cia. Minera Carrizal Mining, localizadas en el municipio de Zimapán, Estado de Hidalgo (México) (20º 43´58.1´´N, 99º 23´51.9´´W). Las muestras de suelo prístino, se colectaron de los horizontes superficiales en las orillas del camino, aproximadamente a 1 km de distancia de la entrada a las instalaciones de la mina.

Una vez en el laboratorio, tanto las muestras de jal como de suelo, fueron secadas al aire y pulverizadas con mazo de madera, hasta alcanzar el tamaño de partícula de 2 mm que se emplearía posteriormente en el ensayo biológico.

Ubicación del experimento: El experimento se llevó a cabo en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo 4 de la Universidad Nacional Autónoma de México, Cuautitlán-Izcalli, Edo de México, México (19º 41´42.03´´N, 99º 11´33.46´´O).

Determinación de propiedades químicas y físicas del suelo y jal Zimapán
Encalado del jal:
Aplicación de hidróxido de calcio (cal agrícola): La aplicación del Hidróxido de calcio, $Ca(OH)_2$, se realizó en 3 niveles de dosificación: baja, media y alta. La cantidad de cal agregada en cada uno de los frascos-reactor, los cuales contenían 10 g de jal, las cantidades incrementantes de cal agrícola, para posteriormente agregar 30 mL de agua desionizada; se agitaron los reactores por 15 minutos para posteriormente medirle el pH inicial y dar cominezo a la cinética de neutralización.
Encalado del jal de estudio: Una vez determinada la cantidad necesaria de cal requerida, se prosiguió a encalar todo el material de trabajo con la cal agríciola.
preparación de las mezclas jal:suelo: Con el fin de emular la presencia de suelos con diferentes grados de contaminación, se prepararon mezclas de suelo-jal (jal encalado) en un gradiente de concentración. Las diferentes proporciones suelo:jal son indicadas en la tabla 1.

Tabla 1 . Proporciones (w/w) de suelo y jal en las diferentes mezclas experimentales

Mezclas	A	B	C	D	E
%(Jal:Suelo)	100:0	75:25	50:50	50:25	0:100

Preparación de tratamientos con PO4 y MO y dosis de aplicación

La tabla 2, muestra las cantidades utilizadas para cada tratamiento y sus dosis aplicadas :Fosfatos (PO_4), Materia Orgánica (MO).

Tabla 2 .Cantidad de material para cada tratamiento aplicados por dosis a cada mezcla Jal-Suelo.

Proporción en la mezcla		Cantidad de material utilizado para el blanco por bolsa de 4.5 kg		Cantidad de material utilizado para PO_4 por bolsa de 4.5 kg			Cantidad de material utilizado para MO por bolsa de 4.5 kg		
JAL	SUELO	Jal (Kg)	Suelo (Kg)	Jal (Kg)	Suelo (Kg)	*Kg-PO_4	Jal (Kg)	Suelo (Kg)	*Kg-MO
100	0	4.500	0	4.383	0.000	0.117	3.600	0.000	0.9
75	25	3.375	1.125	3.287	1.096	0.117	2.700	0.900	0.9
50	50	2.250	2.250	2.192	2.192	0.117	1.800	1.800	0.9
25	75	1.125	3.375	1.096	3.287	0.117	0.900	2.700	0.9
0	100	0.000	4.500	0.000	4.383	0.117	0.000	3.600	0.9

* la dosis equivalente de correspondiente a 0.117 Kg-PO4 es 7800 kg ha^{-1}; la dosis equivalente de MO es de 84 ton ha^{-1}

Resultados y discusión

El suelo empleado en el ensayo fue usado en trabajos anteriores (Guzmán-Rangel 2012) y caracterizado entonces siguiendo la metodología indicada por la Norma Oficial Mexicana (NOM-021-SEMARNAT-2000 y NOM-141-SEMARNAT-2003). Se trata de un suelo arcilloso, neutro (pH 7.07), no salino (CE 340 µS cm^{-1}) y con un contendido medio de materia orgánica (MO 1.52%).

La tabla 3muestra que el jal a trabajar presenta un pH=2.2, PN= -38.083 (Potencial de neutralización) y PA= 109.3 KgCaCO3 ton^{-1} jal (Potencial de acidez).

El valor negativo del PN se debe a que la prueba se basa en la presencia de minerales que contienen carbonatos y en este caso el jal carece de ellos. Realizando una relación de PN/PA= -0.34 revela el potencial de generación de drenaje ácido producto de la eventual oxidación de sulfuros a sulfatos y de la hidrólisis del ion férrico se muera a continuación con las siguientes reacciones.

$$FeS_2\,(s) + 7/2\,O_{2\,(g)} + H2O \longrightarrow Fe^{2+} + 2\,SO_4^{\,2-} + 2\,H^+ \qquad (1)$$

$$Fe^{2+} + 1/4\,O_{2\,(g)} + H^+ \longrightarrow Fe^{3+} + 1/2\,H_2O \qquad (2)$$

$$Fe^{3+} + 3\,H_2O \longrightarrow Fe\,(OH)_{3(s)} + 3\,H^+ \qquad (3)$$

$$FeS_2 + 14\,Fe^{3+} + 8\,H_2O \longrightarrow 15\,Fe^{2+} + 2\,SO_4^{\,2-} + 16\,H^+ \qquad (4)$$

Estos valores se encuentran dentro del intervalo reportado para jales depositados en zonas mineras cuyo balance ácido-base se encuentra entre los valores 0.1 y 0.9, y ya presentan producción de drenaje ácido (Romero y Gutiérrez, (2010)).

Tabla 3. Caracterización de las propiedades del Jal Zimapán

Parámetro	Jal
pH H_2O	2.2
CE µS cm^{-1}	6530
DQO (Kg $K_2Cr_2O_7$ ton^{-1} jal)	1.5
Balance ácido – base **PN** **PA (KgCaCO3 ton^{-1} jal)**	 -38.1 109.3

Trabajos anteriores del grupo de investigación (Aguirre y Nadal 2014) mostraron que a este pH= 2.2 no se permite el desarrollo de plantas debido a las elevadas condiciones de acidez.

Estos resultados sugieren que se llevará a cabo el encalado del jal como una práctica adecuada para corregir los efectos nocivos de la acidez y permitir el desarrollo vegetal. Otra alternativa es adicionar fosfatos y/o materia orgánica. Guzmán-Rangel (2012) encontró que con dosis similares a las que se aplican a los suelos agrícolas, es posible mejorar el desarrollo de plantas indicadoras sensibles a metales pesados.

Las dosis bajas, medias y altas mostradas en la tabla 4 se calcularon en base a trabajos previos del grupo de investigación. Guzmán-Rangel (2012) determinó que para evitar el drenaje ácido se requieren de 222 Kg Ca $(OH)_2$ ton^{-1} jal para neutralizar el potencial de acidez a pH=2.2.

Tabla 4. Cantidad de Ca $(OH)_2$ de acuerdo con la dosis (baja, media y alta)

	meq (-)	meq (-)	meq (-)
Fraco-reactores	**baja**	**media**	**alta**
1	0	0	0
2	9	12	18
3	13.5	18	27
4	18	24	36
5	22.5	30	45
6	27	36	54
7	31.5	42	63
8	36	48	72
9	40.5	54	81
10	45	60	90
11	49.5	66	99
12	54	72	108
13	58.5	78	117
14	63	84	126
15	67.5	90	135

Analizando los pH mostrados en la tabla 5 de la cinética de encalado con la dosis baja de $Ca(OH)_2$ para la neutralización del jal se determinó que la cantidad necesario de material encalante es de 2.6547 Kg Ca $(OH)_2$ para llegar a un pH de 6.84 y así evitar el drenaje ácido proveniente de la oxidación de los sulfuros a sulfatos y de la hidrólisis del ion férrico presente en los jales en un periodo de un total de 21 días el cuál se corrobora con la imagen 1.

Tabla 5. Valores de cinética dosis baja de Ca $(OH)_2$

Reactores	mmoles OH-	pH día 0	pH día 4	pH día 11	pH día 18	pH día 21	pH día 25	pH día 28	pH día 32	pH día 39	pH día 43
1	0	2.47	2.07	2.06	1.93	1.91	1.94	1.86	1.85	1.83	1.83
2	9	2.75	2.29	2.29	2.20	2.13	2.20	2.07	2.10	2.04	2.13
3	13.5	3.32	4.10	4.29	3.87	3.79	3.75	3.50	3.41	3.13	3.19
4	18	4.65	6.25	6.62	6.56	6.49	6.21	6.36	6.27	5.86	5.97
5	22.5	6.10	7.01	7.34	6.89	6.84	6.93	6.86	6.96	6.68	6.81
6	27	6.67	7.26	7.44	7.02	7.02	7.09	6.98	6.99	7.03	6.85
7	31.5	7.02	7.25	7.77	7.03	7.11	7.13	7.00	7.06	6.78	6.82
8	36	7.64	7.78	8.11	7.44	7.32	7.29	7.14	7.41	7.02	7.04
9	40.5	7.85	8.40	8.81	7.98	8.09	7.97	7.86	7.92	7.51	7.50
10	45	8.27	8.89	8.82	8.53	8.51	8.48	8.38	8.43	8.18	8.28
11	49.5	8.25	9.11	8.99	8.75	8.77	8.66	8.68	8.79	8.15	8.56
12	54	8.65	9.14	9.14	9.00	9.03	8.98	9.02	9.06	8.81	8.95
13	58.5	10.04	9.25	9.49	9.33	9.33	9.02	9.06	9.12	9.02	9.03
14	63	12.00	9.64	9.36	9.23	9.35	9.09	9.01	9.17	8.92	8.98
15	67.5	12.15	11.32	10.61	10.45	10.67	10.41	10.36	10.29	10.40	10.39

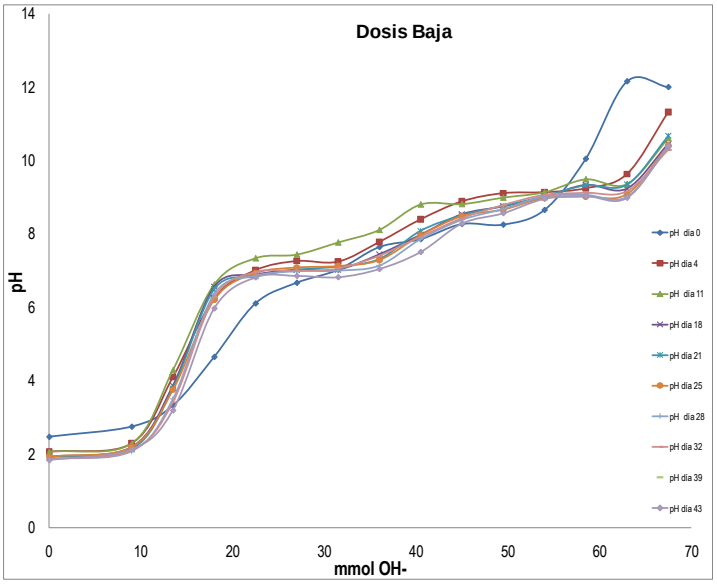


Figura 1. Cinética de neutralización del jal en mmol OH^- vs pH a dosis bajas de encalado

Las muestra con los mejoradores quimicos,tratamientos PO4 y MO, se mezclarón con agua dandoles un tiempo de incubación de 15 días (Álvares y García 2003) con él objetivo de permitir que se llevara a cabo la intercacción entre los PO4 y los grupos funcionales de la MO con las especies metálicas en cuestión (Cu, Cd, Pb y Zn.

Trabajo en proceso.

1. *Ensayo biológico*

El siguiente paso es la realización de bioensayos indicadores de acuerdo con las referencias (ISO-11269-I, 1993,CEPA,2008,OCDE,2004:EPS,2007), utilizandose los siguientes materiales vegetales:

- Plantas de cebada (*Hordeum vulgare)*
- Lechuga
- Especie de gramíneas

2. Determinar el efecto de algunos ligantes orgánicos (tipos y concentración) en la capacidad de fitoextracción de los metales en estudio, bajo los sistemas suelo/jal-planta seleccionados.
3. Realizar los estudios de especiación química mediante técnicas de AA, voltametría, CI, etc. para la identificación y cuantificación de los metales en su forma libre, complejada y total solubles (especiación química).

Conclusión

Los resultados obtenidos hasta el momento muestran la necesidad de llevar a cabo prácticas agrícolas adecuadas que favorezcan el medio de desarrollo de la planta, al grado de permitir que la especie vegetal seleccionada pueda desarrollarse adecuadamente formando una cubierta vegetal permanente, al tiempo que pueda ser una planta hiperacumuladora que favorezca la Fito extracción y el Fito-beneficio minero de metales selectos, ayudando a mejorar no solo las condiciones de trabajo en estas empresas, sino a la sustentabilidad de los sitios de estas explotaciones.

Bibliografía

Álvarez, E.A. y García, A.S.(2003). Sepiolite as a feasible soil additive for the inmobilization of cadmium and zinc. The Science of the Total Environment and Pollution. 26:41-67.
Conesa H.M., Garcia G., Faz A. y Arnaldos R. (2007a). Dynamics of metal tolerant plant communities' development in mine tailings from the Cartagena-La Union Mining District (SE Spain) and their interest for further revegetation purposes. Chemosphere. 68:1180-1185.
Ebbs S.D. y Uchil S. (2008). Cadmium and zinc induced chlorosis in Indian mustard [*Brassica juncea* (L.) Czern] involves preferential loss of chlorophyll b. Photosynthetica. 46, 49-55.
Guzmán Rangel G. (2012). Estrategias para la remediación de sitios contaminados con Cu, Cd, Pb y Zn aplicando tratamientos químico-agronómicos a jales minero-metalúrgicos y suelos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Universidad Nacional de México, Cuautitlán Izcalli, Edo. Méx, México, 123 pp.
ISO, 11269-1 (1993).Determination of the effects of Pollutants on Soil Flora-Method for tha Measurement Growth. Internationaql Organization for Standardization. Ginebra,Suiza.
Henriques F.S. y Fernandes J.C. (1991). Metal uptake and distribution in rush (Juncus conglomeratus L.) plants growing in pyrites mine tailings at Lousal, Portugal. Sci. Total Environ. 102, 253-260.
Mc Lean, E.O. (1982). Soil pH and Lime Requirement. In A.L.Page, et al., Methods of Soil Analysis.SSSA, Madison W.I, USA.
Nadal P., Aguirre A. (2014). Desarrollo agronómico y cinética nutrimental de cationes inorgánicos (Ca^{2+}, K^{+}, Mg^{2+} y NH_4^{+}) en extractos celulares de *Brassica juncea* cultivada en suelos y jales mineros de Zimapán, Estado de Hidalgo, México. Revista Internacional de Contaminación Ambiental (en revisión)
OCDE (2004).Guideline for Testing Chemical. Terrestrial plant Test:Seedling emergence and Seedling Growth Test 2008-227.Organisation for Economic Cooperation and Development, 21p.París, Francia.Romero, F.M. y Gutiérrez, R.M (2010). Estudio comparativo de la peligrosidad de jales en dos zonas mineras localizadas en el sur y centro de México. Boletín de la sociedad Geológica Mexicana. 62:43-53.
SEMARNAT (2000). Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000
SEMARNAT (2003). Norma Oficial Mexicana NOM-141-SEMARNAT-2003.

VARIACIÓN QUÍMICA DEL SUELO Y PRODUCCIÓN LECHUGA EN RESPUESTA AL ABONADO CON COMPOSTA Y ESTIERCOL

De Luna-Jiménez, A[1*]; Arredondo-Figueroa, JL[2]; Rocha-Ruiz, JR[3] y Luna-Ruiz, J de J[4].

[1,2,3,4] Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes, km 3 de la carretera Jesús María-La Posta, Apartado Postal 2, Jesús María C.P: 20900, Aguascalientes, México. Tel: 01(449) 910-74-00. Ext. 8109.

* Autor para correspondencia (lunaji@yahoo.com)

Resumen

La lechuga es una de las hortalizas más importantes en México por su consumo. En los últimos años su producción se ha ido incrementando notablemente, por lo que existe un marcado interés en su cultivo. Los abonos orgánicos han demostrado que pueden incrementar el crecimiento, los rendimientos y la calidad de la lechuga. El objetivo fue evaluar el efecto de la aplicación de estiércol y composta elaborada con *Egeria densa* en diferentes combinaciones en la calidad del suelo y las variables productivas de la lechuga *L. sativa* variedad Iceberg. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cinco tratamientos: T1S=100% suelo agrícola, T2SC=50% suelo agrícola + 50% de composta, T3SCE= 50% de suelo agrícola + 25% de composta + 25% de estiércol de bovino, T4CE=50% de composta + de 50% estiércol y T5=100% de estiércol de bovino y cuatro repeticiones en 20 macetas de plástico de 2 kg de capacidad en condiciones de invernadero. La duración del experimento fue 53 días desde el trasplante hasta la cosecha final. Al término del experimento se tomó una muestra de 1 kg de suelo de cada unidad experimental y se evaluaron las principales variables químicas, además periódicamente se midieron las variables productivas. Los resultados indicaron que las variables químicas presentaron diferencias significativas ($P<0.05$) entre los tratamientos, con una tendencia a incrementar sus valores en donde se aplicaron los abonos orgánicos.

Palabras clave: estiércol, composta, Egeria densa, lechuga

Introducción

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una de las hortalizas más importantes para el consumo humano a nivel mundial (Moreira *et al*., 2014). México en el año 2012 logró una producción de 335,337 toneladas de lechuga, ocupando el noveno lugar a nivel mundial (FAOSTAT, 2012). El consumo *per cápita* de la lechuga se incrementó en tan solo ocho años de 1.8 hasta 2.5 kg. La composta aplicada a la lechuga contribuye con el aumento de peso fresco de la planta e incrementa la cantidad de N, K, Ca, Mg, Cu, Fe y Zn en las hojas, lo que mejora notablemente su calidad nutritiva (Reis *et al*., 2014).
La *Egeria densa*, que pertenece a la familia *Hidrocaritaceae*; es una maleza que invade los cuerpos de agua y provoca problemas severos en la dinámica hidrológica y en las características limnológicas principalmente en embalses y lagos. Esta planta acuática presenta características importantes como su alto contenido de nutrientes, por lo que puede ser utilizada para la elaboración de compostas (Caro *et al*., 2009).

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto del estiércol de bovino y la composta de *E. densa* en diferentes proporciones, sobre los parámetros químicos del suelo y las variables productivas de la lechuga *L. sativa* variedad Iceberg.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en el Invernadero del Centro de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, México., se utilizaron los sustratos: composta de *Egeria densa*, estiércol de bovino y suelo agrícola.

Para la elaboración de la composta, se utilizaron cinco cubetas de 20 litros llenas de *E. densa*, cinco cubetas de estiércol y cinco cubetas de zacate. Los materiales se colocaron formando una pila en la que primero se depositó el zacate, enseguida la *E. densa* y finalmente el estiércol. El tiempo transcurrido en el proceso de compostaje fue de tres meses. Durante este tiempo y con una periodicidad semanal, se midió la temperatura (°C) y la humedad (%). Cada semana la pila fue removida mediante una pala para aumentar la aireación. La composta se consideró terminada cuando la temperatura de la pila fue igual a la temperatura ambiente.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones (5 x 4). Los tratamientos fueron: T1S=100% suelo, que fue el testigo, T2SC=50% suelo + 50% composta, T3SCE=50% suelo + 25% composta + 25% estiércol, T4CE=50% composta + 50% estiércol y T5=100% estiércol, con cuatro repeticiones para un total de 20 unidades experimentales. La duración del experimento fue 53 días desde el trasplante de la lechuga hasta la cosecha. Como unidades experimentales se emplearon macetas de plástico con una capacidad de dos kilos. Se pesaron las cantidades de sustrato y se llenaron los recipientes. Enseguida, se realizó el trasplante de la lechuga (*L. sativa L.*). Previo a esto, se seleccionaron las plántulas que visualmente se veían sanas y vigorosas, con una altura promedio de 5 cm. El riego se aplicó con una periodicidad de dos veces por semana. Durante el desarrollo del experimento se presentaron plagas como el pulgón que se controló con Aflix a una concentración de 2.5 mL/litro de agua, el gusano que se combatió con Ambhus a una concentración de 1 mL/litro de agua y la enfermedad de la cenicilla que se combatió con la aplicación de Manzate y Cobrezate en una concentración de 2.5 g /L.

Al término del experimento, se tomó una muestra de 1 kg del suelo de cada una de las macetas y se llevó al Laboratorio, donde se cuantificaron las variables: Da (g/cm^3), pH (1:2); CE (dS/m); CIC (cmol$^+$/kg); MO (%); Ni (mg/kg); P (mg/kg); K (mg/kg); Ca (mg/kg); Mg (mg/kg) y Na (mg/kg). Además, de los micro-elementos, Fe, Mn, Zn, Cu y B, en mg/kg. En los análisis se usaron las técnicas descritas en la Norma Oficial Mexicana (NOM-021-SEMARNAT-2000).

Durante el desarrollo del experimento en 13 ocasiones se contó el número de hojas (NH) y se midió el largo y ancho de la hoja más grande (LH y AH) de cada planta de lechuga. Con los valores registrados de LH y AH, se calculó el área foliar (AF) en cm^2. Para particularizar el efecto de cada tratamiento, se estimó el índice de área foliar (IAF) mediante la fórmula siguiente: IAF = AF (del tratamiento)/AF del testigo x 100. Finalmente, se registró el peso fresco de la lechuga (PF) que fue expresado como g de lechuga fresca por maceta (Carranza *et al*., 2009).

Los parámetros químicos del suelo y las variables productivas fueron vaciadas de manera independiente en una hoja de cálculo electrónica Excel (Office, 2007). Para cada conjunto de datos se calcularon los valores de dispersión de la media y la desviación estándar. Posteriormente, con

estas bases se realizaron los análisis de varianza (ANDEVA de una sola vía), mediante el programa de software Minitab versión 16 (Minitab Inc., State College, PA, EUA). El contraste de las medias fue realizado mediante la prueba de Tuckey. Un valor de $P<0.05$ fue considerado como estadísticamente significativo.

Resultados y Discusión

Variables del suelo. La mayoría de las variables químicas evaluadas, registraron sus valores máximos en el T4CE (50% de Composta y 50% de Estiércol) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores promedio ± la desviación estándar de las variables del suelo en los tratamientos experimentales.

Variables	Tratamientos				
	T1S	T2SC	T3SCE	T4CE	T5E
DA	1.0±0.1^{c}	0.9±0.0^{b}	0.9±0.0^{b}	0.6±0.0^{a}	0.6±0.0^{a}
CIC	12.7±0.5^{a}	31.8±1.6^{b}	24.2±2.3^{c}	40.2±4.9^{d}	36.2±5.1^{b}
pH	7.4±0.2^{a}	8.2±0.2^{d}	7.9±0.3^{b}	7.5±0.2^{ab}	7.7±0.1^{c}
CE	0.5±0.1^{a}	3.4±0.2^{c}	1.4±0.5^{b}	4.9±0.5^{d}	3.0±0.8^{c}
MO	4.1±0.5^{a}	8.2±0.7^{b}	6.9±0.6^{b}	22.7±0.8^{c}	21.9±2.3^{c}
NI	15.1±8.5^{a}	61.7±25.4^{d}	37.5±22.7^{b}	70.1±29.5^{e}	54.1±21.3^{c}
P	23.5±11.7^{a}	144.5±23.8^{c}	126.5±4.5^{b}	194.2±14.8^{d}	184.6±11.8^{d}
K	622.7±57.0 ^{a}	3029.8±150.6^{c}	1881.2±286.7^{b}	4130.4±240.2^{d}	3041.2±211.4^{c}
Ca	1518±49.1^{a}	2750±144.9^{b}	2635±161.7^{b}	3320±953.2^{c}	3310±700.5^{c}
Mg	122.7±1.1^{a}	351.6±16.0^{b}	341.6±19.4^{b}	694.2±6.9^{c}	743.4±8.7^{d}
Na	583±50.1^{a}	1709±205.5^{d}	782±245.8^{b}	1693±52.0^{d}	1316±314.8^{c}
Fe	21.8±1.1^{c}	16.5±0.7^{b}	18.7±2.2^{b}	11.6±1.1^{a}	9.4±0.2^{a}
Mn	23.3±0.3^{c}	22.5±0.7^{c}	19.2±1.1^{b}	8.6±1.1^{a}	10.9±0.2^{b}
Zn	5.6±0.2^{a}	6.4±0.2^{a}	5.9±0.3^{a}	7.4±0.1^{b}	7.8±0.2^{b}
Cu	0.6±0.0^{a}	1.6±0.1^{b}	1.6±0.1^{b}	3.2±0.1^{c}	4.9±0.3^{d}
B	3.8±0.4^{a}	7.4±0.6^{b}	6.1±1.0^{b}	20.8±1.3^{c}	23.7±5.7^{c}

T1S = 100% suelo; T2SC = 50% suelo y 50% composta; T3SCE = 50% suelo, 25% composta y 25% estiércol; T4CE = 50% composta y 50% estiércol; T5E = 100% estiércol. Los tratamientos con diferente letras superíndices en las filas son estadísticamente significativos ($P<0.05$); DA = Densidad aparente (g/cm^3), CIC = Capacidad de Intercambio Catiónico (cmol$^+$/kg), pH, CE = Conductividad eléctrica (dS/m), MO = Materia orgánica (%); NI = Nitrógeno inorgánico (mg/kg), P = Fósforo (mg/kg), K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu y B (mg/kg).

En el cuadro 1, se aprecia que el valor más alto de Da se presentó en el T1S con 1.0 g/cm^3 y mostró diferencias significativa ($P<0.05$) con respecto a los otros tratamientos (Cuadro 1). Los valores más bajos se registraron en T4CE y T5E con 0.6 g/cm^3, lo que demuestra que la composta y el estiércol incrementaron la porosidad y la aireación (Torres *et al*., 2006; Jaurixje *et al*., 2013). A su vez la CIC fluctuó de 12.7 cmol$^+$/kg en el T1S hasta 40.2 cmol$^+$/kg en el T4CE ($P<0.05$). Los valores de la CIC que son considerados normales en suelo se encuentran en un intervalo de 5 a 35 cmol$^+$/kg. El T1S, registró el valor más bajo de pH con 7.4 unidades y el más alto el T2SC con 8.2 unidades ($P<0.05$), se concluye que el pH no afectó la tasa de crecimiento de la lechuga. El T1S registró el valor más bajo de CE, 0.5 dS/m, mientras que el T4CE presentó el más alto 4.9 dS/m, con diferencias significativas ($P<0.05$) en relación a los otros tratamientos. De acuerdo con Carranza *et al*. (2009), la lechuga presenta un umbral de tolerancia de 1.3 dS/m ya que es moderadamente sensible a la salinidad, reduciendo su crecimiento en 13% por cada unidad de CE. En el T1S se registró el porcentaje más pequeño de MO con 4.1%, y los valores más altos se obtuvieron en los T4CE y T5E con 22.7 y 21.9% con diferencias significativas ($P<0.05$). La MO disminuye la Da, aumenta la

conductividad hidráulica, incrementa la agregación del suelo y CIC, lo que permite mayor disponibilidad de los nutrientes (Arévalo y Castellanos, 2009). El N en el T1S presentó un valor de 15.1 mg/kg y en el T4CE de 70.1 mg/kg con diferencias significativas (P<0.5) en relación a los otros tratamientos. Los residuos orgánicos en general propician un incremento significativo del N en el suelo (Rivero y Paolini, 1995).

El contenido de P extractable varió en los tratamientos. En el T1S se registró el valor más bajo con 23.5 mg/kg y en el T4CE el valor más elevado con 194.2 mg/kg (P<0.05). Estos valores fueron más altos de los reportados por Rivero y Paolini (1995), quienes reportan un rango de 6.5 a 12.0 mg/kg. Los valores más altos de K, Ca, Mg, Zn, Cu y B se registraron en T4CE y T5E y ambos presentaron diferencias significativas (P<0.05) con relación a los otros tratamientos.

En todos los tratamientos, el contenido de Zn rebasó el nivel crítico de 3 mg/kg (ICA, 1992). Los valores de Cu variaron de 0.6 a 4.9 mg/kg, el valor más bajo corresponde al testigo T1S y el más elevado al T5E con diferencias significativas (P<0.05) entre los tratamientos.

Los resultados obtenidos registraron cantidades altas de Boro (3.8 a 23.7 mg/kg). Los valores más altos de este elemento se presentaron en los tratamientos T4CE y T5E, lo que indica que la composta de *E. densa* y el estiércol, incrementan notablemente la cantidad de B en el suelo. El Fe resultó elevado en T1S con 21.8 mg/kg con diferencias significativas ($P<0.05$) con respecto a los demás tratamientos.

El Mn presenta valores elevados en el T2SC, 23.3 mg/kg, con diferencias significativas (P<0.05) en comparación con los otros tratamientos. Este elemento se considera bajo cuando el valor es menor de 5 mg/kg, y alto cuando rebasa los 10 mg/kg (ICA, 1992). A su vez el **Na presentó valores de 1,693 mg/kg en el tratamiento T4CE, siendo diferente (P<0.05) a los otros tratamientos. El sodio se acumula en la superficie de los suelos, afectando** la estructura y repercute negativamente en las reservas de agua y de aire. En todos los tratamientos fue superado el umbral crítico establecido por Sillampaa (1982) y Sims y Johnson (1991) que es de 5 mg/kg; en particular, el valor registrado en el tratamiento T4CE es considerado como crítico debido a que las plantas murieron a los 28 días después del trasplante.

Variables productivas.

El número de hojas (NH) de la lechuga Iceberg fue semejante en todos los tratamientos, con un valor promedio de 11 hojas, a excepción del tratamiento T4CE donde las plantas murieron a los 28 días después del trasplante. Este resultado concuerda con Pablo *et al*., (2012), quienes, no encontraron diferencias significativas después de 40 días de cultivo en el NH de la lechuga. En el T1S, los valores promedio registrados de longitud de hoja (LH), ancho de hoja (AH), área foliar (AF) fueron los más elevados (P<0.05); no obstante, en términos de peso fresco (PF), el mayor valor se registró en el T5E, que contiene exclusivamente estiércol de bovino, seguido de T3SCE que incluyó suelo agrícola, composta de *E. densa* y estiércol de vaca y el T1S exclusivamente con suelo agrícola (Cuadro 2). Estos resultados concuerdan con Magkos *et al*., (2003) quienes establecieron que la lechuga cultivada en suelos que contienen elevadas cantidades de abonos orgánicos, presentan una mayor cantidad de materia seca, comparada con aquellas producidas bajo los métodos convencionales.

Las diferencias registradas entre los tratamientos pueden explicarse por la adición de los abonos orgánicos utilizados en el presente trabajo, que favorecieron las condiciones de un mejor crecimiento de la lechuga.

Cuadro 2. Variables medidas en la planta

Tratamientos	NH	LH	AH	AF	IAF	PF
T1S	11.2^{a}±0.5	14.4^{a}±0.4	11.7^{a}±0.6	169.7^{a}±17.8	100^{a}	91.8^{ab}±22.1
T2SC	7.2^{a}±4.8	6.2^{b}±4.4	6.0^{b}±4.1	50.4^{b}±38.9	29.7^{c}	45.9^{bc}±31.0
T3SCE	11.2^{a}±1.5	9.2^{b}±1.0	7.7^{ab}±1.7	72.9^{b}±23.7	43.0^{b}	110.8^{ab}±29.3
T4CE	0.0^{b}±0.0	0.0^{c}±0.0	0.0^{c}±0.0	0.0^{c}±0.0	0.0^{e}	0.0^{c}±0.0
T5E	11.5^{a}±1.7	7.1^{b}±1.4	3.9^{bc}±1.0	26.8^{bc}±2.5	15.8^{d}	138.0^{a}±62.8

NH=Número de hojas, LH = Longitud de hoja (cm); AH = Ancho de hoja (cm); AF = Área foliar (cm^2), IAF = Índice de área foliar (%); PF = Peso fresco (g/maceta). Los valores de cada columna con diferentes letras superíndice, son diferentemente significativos (P<0.05).

Es importante destacar que el tratamiento T5E a pesar de que presentó valores bajos de AF e IAF, su biomasa fue elevada (P<0.05). Durante el desarrollo del cultivo, se pudo observar que el T1S mostró un crecimiento constante del AF conforme transcurrió el tiempo de cultivo, a diferencia de los otros tratamientos en donde no fue tan marcado (Figura 1).

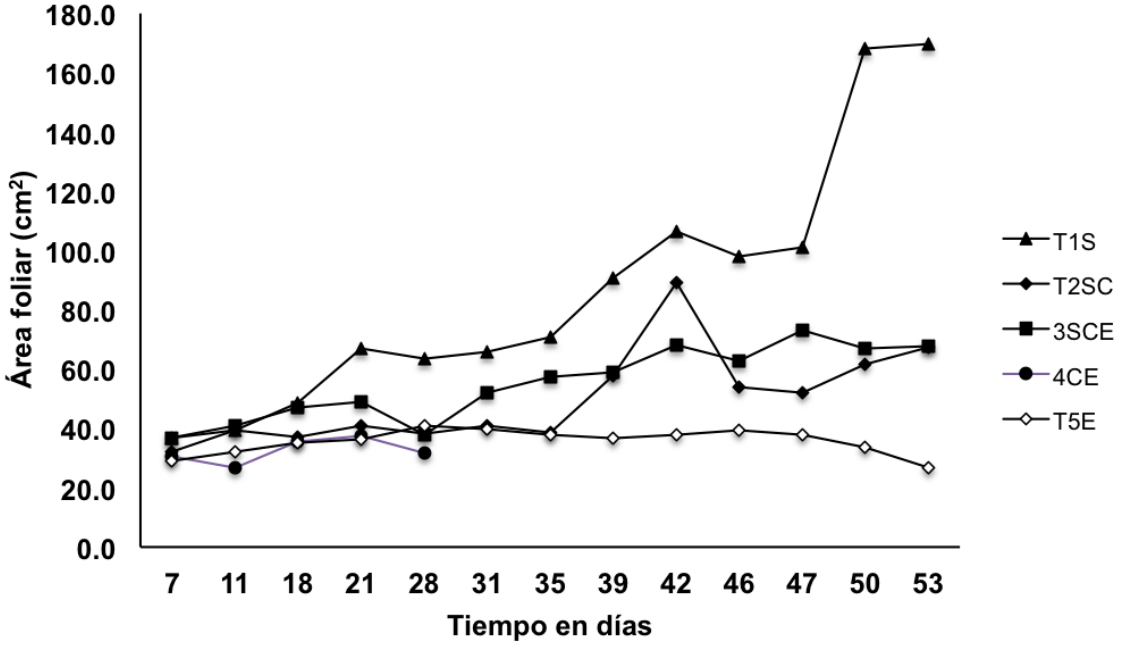


Figura 1. Promedios del área foliar (AF) de la lechuga Iceberg en los tratamientos a lo largo del tiempo de cultivo. T1S = 100% suelo; T2SC = 50% suelo y 50% composta; T3SCE = 50% suelo, 25% composta y 25% Estiércol; T4CE = 50% composta y 50% estiércol; T5E = 100% estiércol.

En los otros tratamientos los valores de AF fueron bajos lo que se puede explicar, debido que existe una relación directa entre la tasa de crecimiento de las hojas y la expansión de las células jóvenes producidas por la división celular de los tejidos meristemáticos y las propiedades

fisicoquímicas del suelo, que bajo ciertas condiciones inhiben el crecimiento de las hojas y la expansión de nuevas hojas de la lechuga (Carranza *et al*., 2009). Esto sucedió en el tratamiento T4CE donde las plantas de lechuga no prosperaron. El IAF máximo obtenido a los 53 ddt en el T1S se consideró un valor de 100%. Tomando este valor como base y comparado con los otros tratamientos, el T3SCE alcanzó 43%, seguido del T2SC con 29.7% y el T5E con 15.8% (Cuadro 2). Los valores de estos tratamientos son superiores a los reportados en otros estudios realizados también con lechuga por Carranza *et al*. (2009).

Fagnano *et al*. (2011), reportan pesos promedio de la lechuga que fluctúan entre 279 a 384 g utilizando compostas elaboradas con desechos sólidos municipales. Moreira *et al*. (2014) reportaron pesos frescos de lechuga cultivada con diferentes abonos orgánicos que variaron de 42.0 a 254.3 g, y llegaron a la conclusión de que los estiércoles de animales de granja dispersos en la superficie del suelo cultivado, fue la mejor fuente de materia orgánica para el cultivo de la lechuga, ya que regula la temperatura del suelo y la retención del agua. Los valores antes señalados se acercan a los obtenidos en el presente trabajo, que fluctuaron de 45.9 a 138.1 g, lo que refuerza la importancia del uso de materia orgánica para mejorar los cultivos y aumentar la producción de la lechuga Iceberg, a pesar de la condición salina de los suelos experimentales.

Conclusión

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo y desde el punto de vista agronómico, la composta de *E. densa,* y el estiércol de bovino mejoraron los parámetros químicos en el suelo al incrementar la CIC, pH (ligeramente alcalino), la CE, MO, Ni, P, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn, Cu, B y Na. Los tratamientos experimentales T1S, T3SCE y T5E se consideran los que mejor respondieron en las variables productivas de la lechuga *L. sativa* variedad Iceberg, ya que se alcanzaron producciones aceptables de peso fresco. Esto confirma la importancia que tiene el suelo agrícola y la incorporación de la composta y estiércol para incrementar los rendimientos de la lechuga. Así mismo, no se encontró una relación entre NH y AF con respecto al PF de la lechuga. Se estima, que el uso de estiércol de bovino, mezclado con suelo agrícola y la combinación de suelo, composta de *E*. densa y excretas secas de bovino son recomendables para el cultivo de la lechuga Iceberg. Los resultados de este trabajo sirven de base para que en trabajos futuros se considere la producción de abonos orgánicos mediante el compostaje de *E densa, estiércol y zacate* que actualmente son fuentes contaminantes del medio ambiente.

Bibliografía

Caro, L.I., Romero, O.Z. y Lora, S.R. 2009. Producción de abonos orgánicos con la utilización de Elodea (*Egeria densa*) presente en la Laguna de Fúquene. Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica 12(1), 91-100.

Carranza, C., O. Lanchero, D. Miranda y B. Chaves. 2009. Análisis del crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) "Batavia" cultivada en un suelo salino de la Sabana de Bogotá. Agronomía Colombiana 27(1), 41-48.

Fagnano, M., Adamo, P., Zampella, M. and Fiorentino, N. 2011. Environmental and agronomic impact of fertilization with composted organic fraction from municipal solid waste: A case study in the región Naples, Italy. Agriculture, Ecosystems and Environment. 141: 100-107.

FAOSTAT.2012.Estadistica Agricola mundial. http:/ www.faostat.fao.org/site/339/default.aspx. Consultada el 15/12/2014.

ICA (INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO). 1992. Fertilización en diversos cultivos. Quinta Aproximación. Manual de Asistencia Técnica No. 25. C.I. Tibaitat·. 64 p.

Jaurixje, M., D. Torres, B. Mendoza, H. Henríquez y J. Contreras. 2013. Propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la actividad biológica bajo diferentes manejos en la zona de Quíbor, Estado de Lara. Bioagro 25(1), 47-56.

Magkos, F., F. Arvaniti, and Zampelas, F. 2003. Organic food: Nutritius food or food for thought? A review of the evidence. International Journal of Food Science and Nutrition 54: 357-371.

Moreira A.M., Pereira Dos Santos, A.C., Tadeu L.A.A:, Bianchini, G.F. Machado de Souza, I. And Almeida, V.P. 2014. Lettuce production according to different source of organic matter and soil cover. Agricultural Sciences 5: 99-105.

NOM-021-SEMARNAT-2000. Norma Oficial Mexicana, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. 31 de diciembre de 2002. 85 pp. 2002.

Rivero, C. y J. Paolini. 1995. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre algunas propiedades químicas de dos suelos en Venezuela. Venesuelos 3(1), 24-30.

Torres, D., N. Rodríguez, H. Yendis, A. Florentino y F. Zamora. 2006. Cambios en algunas propiedades químicas del suelo según el uso de la tierra en el sector El Cebollal, estado Falcón, Venezuela. Bioagro 18(2), 123-128.

EFECTOS DEL CAMBIO DE USO DE SUELO DE MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO A UNA PLANTACIÓN SIN APROVECHAMIENTO DE *Eucalyptus sp.* EN UN VERTISOL

Galván-Moreno, JI[1*]; Yáñez-Díaz, MI[1]; Cantú-Silva, I[1]; González-Rodríguez, H[1]

[1]Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L. Linares, Nuevo León, México.

Autor responsable: ignacio.galvanmore@gmail.com; Calle: Capital Aguilar Núm. 810, Col. Benito Juárez, Ciudad: Linares, Estado: Nuevo León. País: México; CP: 67720; Tel. +52(821)-117-5692

Resumen

Las plantaciones de eucalipto han sido ampliamente utilizadas debido a sus propiedades físicas y económicas, sin considerar su impacto a largo plazo. Esta investigación tiene el objetivo de comparar la calidad de un suelo Vertisol con 30 años de establecimiento de una plantación de *Eucalyptus sp.* y compararla con una area de vegetación natural de matorral espinoso tamaulipeco (MET). Se colectaron 4 muestras compuestas de suelo a profundidades de 0 a 5 cm y de 5 a 30 cm, y se determinó materia orgánica (MO), carbono orgánico (CO), pH, conductividad eléctrica (CE), y textura para cada área de estudio, siguiendo la metodología de la NOM-021-RECNAT-2000. De los parámetros analizados la variable pH obtuvo un valor promedio de 7.6 en los dos sistemas de uso con una desviación estándar de 0.08, la CE disminuyo ligeramente de 138.7 µS en los eucaliptos a 102.3 µS en MET, tanto la variable pH y CE mediante la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis presentaron diferencias significativas ($p< 0.05$). Se observaron valores promedio de MO y CO de 6.1% y 3.6% para MET y 3.5% y 2.0% en Eucaliptos, respectivamente. El análisis estadístico mostró que para MO y CO no se encontraron diferencias significativas ($p< 0.05$). La textura presente en los sitios de eucaliptos y MET presentaron valores de 17-19% arenas, 43-41% arcillas y 40-40% limos respectivamente, siendo clasificada como arcillo-limoso. En conclusión no existe una ventaja probada o desventaja, inherente al empleo de los eucaliptos sobre la vegetación natural al no existir cambios en los contenidos de materia orgánica en ambos sistemas.

Palabras clave

Vertisol, plantaciones, *Eucalyptus spp.,* MET, cambio de uso de suelo, materia orgánica

Introducción

La expansión de las plantaciones de eucalipto en la actualidad alcanza unos 15, 000,000 ha distribuidas en más de noventa países fuera del área natural de distribución en Australia y las indias orientales y muchas de las más de 600 especies del género *Eucalyptus* pueden sobrevivir y crecer en forma satisfactoria en suelos con bajo nivel de nutrientes (FAO, 1999). El establecimiento de las plantaciones de eucalipto tiene un gran impulso debido a su potencial de aprovechamiento, su rápido crecimiento y alta productividad (Souza *et al*. 2007). Los cambios en el uso del suelo provocan variaciones en las características físicas y químicas del mismo, especialmente en cuanto a su contenido de materia orgánica (Llorente, 2004). Los vertisoles son de gran importancia en la zona del noreste de México sujeta a actividades productivas agrícolas o pecuarias, y sustentan la mayor parte de la vegetación nativa de importancia económica regional (Llorente, 2004). El nombre vertisoles (del

latín *vertere*, dar vuelta) se refiere al reciclado interno constante del material de suelo (IUSS, 2007), son suelos arcillosos y profundos, que se agrietan en estado seco por la acción de las arcillas expandibles (Woerner, 1991).

Materiales y Métodos

Descripción del área de estudio

El área de estudio se llevó a cabo dentro del campus de la facultad de Ciencias Forestales, donde predominan los suelos vertisoles entre las coordenadas 24° 47´ 51.22´´ de latitud norte, y 99° 32´ 29.71´´ de longitud oeste, presenta una elevación 350 msnm y se ubican a 8 km al sur del Municipio de Linares, en el Estado de Nuevo León, México (Figura1). Presenta un tipo de clima subtropical y semiárido con verano cálido, con temperatura promedio mensual de 14.7°C en enero a 22.3°C en agosto, la precipitación promedio anual es de 805 mm con una distribución bimodal. El tipo de suelo es una asociación de vertisol de origen aluvio-coluvial profundos de coloración gris-obscuro, con subunidad Mázico pélico, clase textural de tipo fina de arcillo-limosos con altos contenidos de montmorillonita.

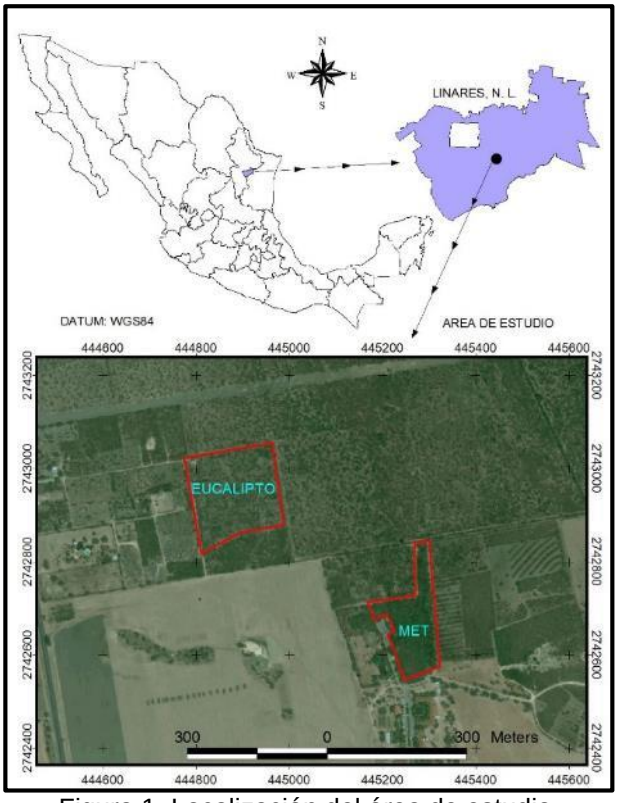


Figura 1. Localización del área de estudio.

Metodología

Se utilizaron dos parcelas experimentales con diferentes sistemas de usos de suelo en un vertisol, una plantación de Eucaliptos en la cual se encuentran establecidas dos especies; *E. globulus* y *E. camaldulensis*, plantadas en el año de 1984 con una densidad de 4766 individuos por hectárea, y un área de vegetación natural que corresponde al Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET), el cual está constituido por la dominancia de especies arbustivas espinosas, caducifolias una gran parte del año o áfila, presenta una amplia gama de patrones de crecimiento, desarrollo taxonómicas y fenológicos

contrastantes, tales como *Celtis pallida, Acacia rigidula, Randia aculeata, Castela tortuosa, Bernardia myricaefolia, Forestiera angustifolia, Karwinskia humboldtiana,* entre otras (Cantú *et al*, 2010; INEGI, 2009). Se caracterizaron y compararon los dos sistemas de uso de suelo, mediante un muestreo aleatorio de 4 muestras compuestas a dos profundidades (0-5 y 5-30 cm), obteniéndose aproximadamente 1½ kg de suelo para los análisis fisicoquímicos según metodologías establecidas por el laboratorio de suelos tales como Woerner, 1989 y las establecidas por norma oficial mexicana, NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2002).

Caracterización fisicoquímica

Reacción del suelo (pH), se determinó mediante el método AS-18 NOM-021-RECNAT-2000, el cual se basa en una medición con potenciómetro en una relación suelo: solución de 1:2 con Cloruro de Calcio 0.01 M. Conductividad eléctrica (CE), se determinó mediante la medición con un conductivímetro en la determinación rápida en suspensión suelo-agua 1:5 (Woerner, 1989). Materia orgánica (MO) y Carbono orgánico del suelo (CO), se determinó por el método de combustión húmeda y titulación Walkley-Black, que hace digestión de la materia húmeda con ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4), oxidación del carbono con dicromato de potasio 0.07N ($K_2Cr_2O_7$) y titulación del exceso de dicromato con sulfato ferroso 0.2N ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$), método Walkley/Black modificado (Woerner, 1989). Textura (análisis granulométrico), se determinó mediante el método AS-09 NOM-021 RECNAT-2000 el cual se basa en la medición con el densímetro de Bouyoucos.

Análisis Estadísticos

Las variables fisicoquímicos fueron analizadas estadísticamente comprobando normalidad y homogeneidad se sometieron a pruebas de Tukey ($p<0.05$) y Test estadístico no paramétrico de Kruskal-Wallis en las variables requeridas, utilizando el Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (por su siglas en inglés, SPSS) versión estándar 13.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL.).

Resultados y Discusión

Los resultado obtenidos en ambas parcelas de estudio nos muestran que después 31 años de estar establecida la plantación de eucalipto se encuentran variaciones en algunas variables estudiadas. Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 1, para pH se obtuvo un valor promedio de 7.6 en los dos sistemas de uso con una desviación estándar de 0.08 en la plantación de eucaliptos, los valores de la CE fluctuaron de 99.8 a 163.6 µS en el MET, mientras que en la plantación de eucaliptos los valores oscilaron entre 96.8 y 110.6 µS. Tanto la variable pH y CE no mostraron normalidad ni homogeneidad en los datos y mediante la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis presentaron diferencias significativas ($p<0.05$), indicando que el pH y CE es diferente en uno de los dos usos, mientras que estas variables no presentaron diferencias significativas a las profundidades 0-5 y 5-30cm (Cuadro 2).

Los resultados obtenidos de MO y CO se les aplico una transformación de datos de raíz cuadrada, obteniendo normalidad y homogeneidad de datos, al realizar la prueba de Tukey ($p<0.05$) no se encontraron diferencias significativas en los usos de suelo ni en profundidad (Cuadro 3). La textura presente en los sitios de eucaliptos y MET presentaron valores de 17-19% arenas, 43-41% arcillas y 40-40% limos respectivamente, clasificándose como arcillo-limosa, predominando el porcentaje de arcilla (>40%) característicos de estos suelos.

Cuadro 1. Estadísticos obtenidos en las variables de estudio para los dos sistemas de uso de suelo (MET y Eucalyptus sp.) N=16.

Estadístico	***PH***	***CE***	***MO***	***CO***
Media	*7.63*	*120.54*	*2.12*	*1.62*
Desviación estándar	*.058*	*30.50*	*.57*	*.44*
Varianza	*.003*	*930.42*	*.33*	*.19*
Mínimo	*7.50*	*91.40*	*1.32*	*1.01*
Máximo	*7.70*	*195.20*	*3.52*	*2.68*

Cuadro 2. Análisis de la prueba de Kruskal-Wallis para detectar diferencias significativas en las variables de pH y Conductividad Eléctrica (CE) en los dos sistemas de uso y profundidad. Valores P en negritas (P< 0.05) indican diferencias significativas en las variables de estudio.

SISTEMA	***USO***		***PROFUNDIDAD***	
	X^2	*p*	X^2	*p*
PH	*3.879*	***0.049***	*2.970*	*0.085*
CE	*4.864*	***0.027***	*2.482*	*0.115*

Cuadro 3. Análisis de ANOVA de la prueba de Tukey para detectar diferencias significativas en las variables Materia orgánica (MO) y Carbono orgánico (CO) para los dos sistemas de uso y las dos profundidades. Valores P en negritas (P< 0.05) indican diferencias significativas en las variables de estudio.

SISTEMA	***USO***		***PROFUNDIDAD***	
	F	*p*	*F*	*p*
MO	*3.808*	*0.071*	*2.144*	*0.165*
CO	*3.808*	*0.071*	*2.144*	*0.165*

Conclusiones

En los suelos vertisoles se observaron que el ligero cambio en las variables pH y CE de los diferentes usos del suelo presenta diferencias significativas, mientras que la MO y CO no se encontraron dichas diferencias después de treinta y uno años de establecida la plantación de eucalipto indicando que estas plantaciones comerciales en primera rotación con respecto a la vegetación natural no degradan el suelo.

Bibliografía

Bernhard Reversat, F., Banerjee, S.P., Crane, W.J.B., Jha, M.N., Pande, P., Pathak, T.C., Liani, A., Raison, R.J., Singhal, R.M. 1987. *Efectos ecológicos de los eucaliptos*. Roma: Estudio FAO Montes 59

Cantú I., González H. y Gómez M.V. 2010. CO_2 efflux in vertisol under different land use systems. Tropical and subtropical agroecosystems 12: 389-403.

IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.

INEGI. 2009. Guía para la interpretación de cartografía uso del suelo y vegetación Escala 1:250000 Serie III. Instituto

Nacional de Estadística y Geografía. México. 74 p.

Llorente M. 2004. Caracterización física y química de vertisoles del noreste de México sometidos a distintas formas de manejo. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, Nuevo León. 98 p.

Palmberg Lerche, C. y Fernando Patiño, F. (1999). "Impacto ambiental de las plantaciones de especies del género *eucalyptus* en las regiones tropicales y subtropicales" en *Seminario Internacional sobre el Eucalipto: impacto ambiental, tecnologías y beneficios.* (14-16 de octubre de 1999. México D.F).

SERMARNAT 2002. NOM-021-RECNAT-2000. Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Segunda edición 2002.

Souza PB, Martins SV, Costalonga SR, Costa GO (2007) Florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea do sub-bosque de um povoamento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden em Viçosa. Revista Árvore 31: 533-543.

Woerner M. 1989. Métodos químicos para el análisis de suelos calizos de zonas áridas y semiáridas. Dpto. Agroforestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. 105 p.

EFECTO DE BIOFERTILIZANTES EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO DEL CAFÉ EN XILITLA SAN LUIS POTOSI RESULTADOS PRELIMILARES

García Monragon M; Jarquin Gálvez, R; Marín Sánchez J; Lara Avila P

[1] **Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Km. 14.5 Carretera San Luis-Matehuala, C.P. 78321, San Luis Potosí, SLP., México;**

*autor de contacto:**marianna-garcia-agro@hotmail.es**; Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Km. 14.5 Carretera San Luis-Matehuala, C.P. 78321, San Luis Potosí, SLP., México

Resumen

En el estado de San Luis Potosí la producción de café es una actividad desarrollada por nueve municipios en la zona huasteca concentrando la población indígena Náhuatl y Tenek. El presente trabajo realizado en la comunidad de Tlaleta, Xilitla, S.L.P. tuvo como objetivo evaluar el efecto de los biofertilizantes *Rhizobium sp. y Glomus intraradices* de forma asociativa e individual en la etapa de crecimiento del cultivo de café. Durante el 2011 se trasplantaron las plantas *Coffea arabica* variedad Typica inoculadas con los biofertilizantes mencionados en la parcela siguiendo un diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos y 10 repeticiones. Las épocas del año para los muestreos, fueron junio del 2012 y agosto del 2013, para monitorear las variables de crecimiento, mortalidad y fitosanidad de los cafetos. Los datos se sometieron al análisis de varianza y comparación de medias por la prueba de Tukey $p \leq 0.05$. Los resultados obtenidos muestran diferencias estadísticas en crecimiento, sobresaliendo el tratamiento de bacteria sola y testigo esto durante los dos años de monitoreo, para la mortalidad de plantas el tratamiento de bacteria presento el menor número de plantas muertas. En cuanto a la variable de fitosanidad el tratamiento de *Glomus intraradices*, presentó el menor número de plantas con síntomas de *Cercospora caffeicola.* y el tratamiento de testigo aumento en el año 2013. En el último muestreo tomado en el 2013, no se encontró diferencias estadísticas basadas en el análisis estadístico correspondiente.

Palabras clave

Fertilizantes orgánicos, *Glomus intraradices, Rhizobium sp.,* huasteca potosina

Introducción

En México la cafeticultura se considera una actividad estratégica fundamental, debido a que permite la integración de cadenas productivas, la generación de divisas, empleos y es un modo de subsistencia de pequeños productores (Escamilla y Díaz 2002). En el estado de San Luis Potosí la producción de café es una actividad desarrollada por nueve municipios en la zona huasteca entre ellos el municipio de Xilitla en donde 4,846 ha sembradas están dedicadas al cultivo (SIAP, 2013). La producción cafetalera de Xilitla se concentra mayoritariamente en la población indígena Náhuatl y Tenek. Esta región productora como la mayoría del país, presenta una problemática compleja

sobresaliendo el bajo valor agregado del producto al ser este comercializado como convencional (Jarquin, 2010).

En función de lo anterior, una de las formas de resolver esta problemática, es orientarse hacia la producción y el mercado orgánico, para ello es necesario el uso de biofertilizantes, en sustitución de productos de síntesis química (Vergara, 1990).

Los biofertilizantes están constituidos de microorganismos vivos, los cuales cuando se aplican a semillas o suelos; colonizan la rizosfera o el interior de la planta, promoviendo su crecimiento al incrementar la disponibilidad de nutrientes primarios (Vessey, 2003). Además tienen la ventaja de ser "tecnologías limpias" no contaminantes del medio ambiente, haciéndolos compatibles con el manejo orgánico y así permitir a los productores la certificación de su cultivo para ofrecer mejores posibilidades comerciales (Martínez, 2002). El presente trabajo dio la posibilidad de dar seguimiento a trabajos iniciados en los cafetales orgánicos del estado de Chiapas, ya que fueron utilizadas las cepas de *Glomus intraradices y Rhizobium sp. (*Hernández, 2008*)*.

Materiales y Métodos

El trabajo experimental se inició en el año 2011 con productores indígenas de la etnia Náhuatl adheridos a la organización "Coordinadora de Organizaciones Campesinas Indígenas de la Huasteca Potosina" (COCIHP), en la parcela escuela de este grupo ubicada en el Barrio Lagarto en la comunidad de Tlaletla, Xilitla, San Luis Potosí. Los trabajos consistieron en la selección de semilla de origen orgánico, establecimiento del semillero de *Coffea arábica* variedad Typica e inoculación de las plántulas en etapa de "mariposa" al momento del trasplante en el vivero, utilizando 10 ml del cultivo bacteriano de *Rhizobium* sp. a $1x10^6$ ufc en medio líquido y 5 gramos de sustrato con la Micorriza *Glomus intraradices* en polvo. La preparación del inóculo utilizado en el vivero se realizó en el Laboratorio de Biotecnología de la UNACH en Tapachula, Chiapas. Durante el 2011 se trasplantaron las plantas de *Coffea arábica* variedad Typica a la parcela escuela de Tlaletla (Figura 1), siguiendo un diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos (cuadro 1), reinoculándose 10 repeticiones y realizándose el primer monitoreo, los siguientes fueron en junio del 2012 y agosto del 2013, considerando como variable dependiente el tipo de biofertilizantes y como variables independientes la altura total de las plantas, medidas en centímetros desde la base hasta el último nudo apical con cintra métrica, la mortalidad observando el número de plantas y la fitosanidad el número de plantas con síntomas de enfermedades. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y comparación de medias por el método Tukey $p \leq 0.05$.

Cuadro 1.- Tratamientos utilizados en la evaluación de biofertilizantes en Xilitla, S.L.P.

Tratamientos*	Dosis de Bacteria *Rhizobium sp.* Por planta.	Dosis de Micorriza *Glomus intraradices* por planta.
I (Bacteria)	10 mililitros	
II (Micorriza)	0	5 gramos
III (Bacteria-Micorriza)	10 mililitros	5 gramos
IV (Testigo)	0	0

Figura 1 – Plantas de *Coffea arábica* en vivero

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos muestran diferencias estadísticas en crecimiento, sobresaliendo el tratamiento de bacteria sola y testigo esto durante los monitoreos en el 2012 y 2013 (Figura 2) al igual que lo reportado por Jarquin *et al*, 2011.

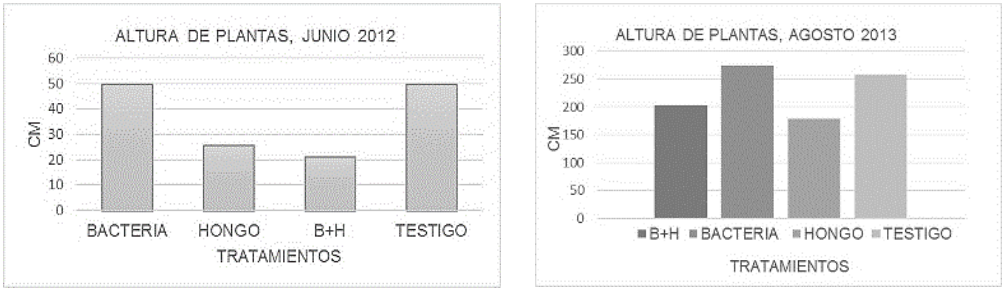


Figura 2. Altura promedio (cm) de las plantas de café con diferentes biofertilizantes en Xilitla, San Luis Potosí. (B+H Asociación bacteria y hongo)

Para la mortalidad en el año 2013 el tratamiento de bacteria y testigo aumentaron el número de plantas muertas, en el tratamiento de micorriza y bacteria+micorriza disminuyeron (cuadro 2). En etapa de vivero, los resultados fueron similares (Jarquin *et al*, 2011).

Cuadro 2- Mortalidad de plantas con diferentes tratamientos de biofertilizantes en Xilitla, San Luis Potosí**.**

	Promedio de plantas muertas			
AÑOS	BACTERIA	MICORRIZA	B+M	TESTIGO
2012	3.5	23	30	3.5
2013	4.6	2	2.2	5.2

En cuanto a fitosanidad el tratamiento de micorriza, presento el menor número de plantas con síntomas y el tratamiento de testigo aumento en el año 2013 (figura 3). Según Jarquin (2011) en etapa de vivero el tratamiento combinado presentó menor número de plantas enfermas a diferencia de la bacteria y el testigo en etapa de crecimiento.

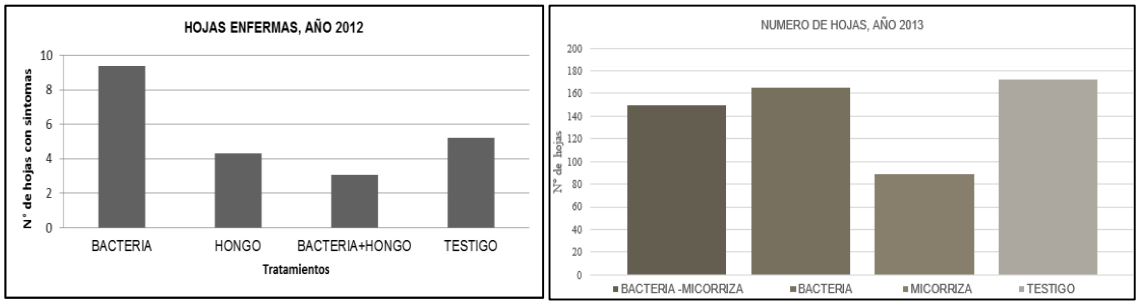


Figura 3. Numero de hojas con síntomas *Cercospora caffeicola* en Xilitla, San Luis Potosí en los años 2012 y 2013.

En el último muestreo tomado en el 2013, se encontró que en todos los tratamientos no hay diferencias significativas esto corroboradas con el análisis estadístico correspondiente.

Conclusión

Los dos biofertilizantes *Glomus intraradices* y *Rhizobium sp*. aplicados en las plantas de café, tuvieron un efecto significativo en el crecimiento, desarrollo de estas y la disminución de plantas muertas, así mismo en acción simbiótica estos muestran diferencias estadísticas favorables en la variable de fitosanidad.

Bibliografía

Aguirre M. J., 2006, Biofertilizantes microbianos, INIFAP, México.

Adriano A. L., Jarquin G.R. Hernández R. C. Salvador F. M., Monreal V. C.T. 2011. Biofertilización de café orgánico en etapa de vivero en Chiapas, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. INIFAP Vol.2 (3).

Escamilla P, E; Díaz C, S. 2002. Sistemas de cultivo de café en México. Huatusco, Ver., MX, Universidad Autónoma de Chapingo, Fundación Produce de Veracruz A.C. 57 p.

Flores E., 1995, Programa de desarrollo integral de las comunidades cafetaleras. Gobierno del estado, San Luis Potosí, Pp.13-19, 46-49.

Hernández R. C., 2008, Biofertilización de café *(Coffea arabica L.)* en etapa de vivero, como Etapa Previa de Producción, en el Ejido el Águila, Estado de Cacahohatan, Chiapas, UNACH, Centro de Biociencias. Tesis de licenciatura de Ingeniero Biotecnologo, Tapachula, Chiapas, México, p. 30.

Jarquin G.R.; Monreal C.T., Godínez V O., 2011, validación de fuentes de fertilización orgánica en el cultivo del café en vivero y producción, Ed. SOMAS A.C. UASLP, Pp. 1-8.

Jarquin G.R., 2011, Informe Técnico Anual 2010-2011, Fundación Produce San Luis Potosí A.C., San Luis Potosí, Pp. 3-42.

Jarquin G.R. 2012, Validación de fuentes de fertilización orgánica en el cultivo de café en vivero y Producción. U.A.S.L.P. Facultad de Agronomía–Fundación Produce San Luis Potosí A.C. Avances de resultados 2011-2012, (tríptico).

Martínez V., 2002. Efectividad de biofertilizantes cubanos sobre los cultivos de arroz y algodón en la República de Colombia. En: Programas y Resúmenes del XIII Congreso Científico, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana, p. 64.

Sandoval J. L., 1997, la cafeticultura en San Luis Potosí, Ed. Control y formas S. A. de C. V., p. 3.

Quijano J. M., 2008, Guía Técnica para el Cultivo del Café, Ed. ICAFE-CICAFE, Heredia, Costa Rica, p. 72.

Vargas R. E., 1969, Aspectos microbiológicos de la fijación simbiótica del nitrógeno por el Rhizobium. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá-Colombia, p. 198.

Vessey, J.K., 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant Soil, 255: 571-586.

Vergara, M. A., 1990, Biofertilizantes (*Azospirillum sp*), alternativa nutricional en maíz (*Zea maíz* L.) Chapingo, Vol. XV, Pp. 69-70.

Vizcaíno G., 2000, Potencial Biofertilizante de Micorrizas Arbusculares en Cultivo Ecológico en Invernaderos, Ed. SEAE (Sociedad Española de Agricultura Ecológica), p.153.

González C.M. 2005. Recuperación de suelos contaminados con metales pesados utilizando plantas y microorganismos rizosféricos, TERRA Latinoamericana, 23(1), Pp. 29-37.

Referencias electrónicas

SIAP (Sistema de Información Agropecuaria), 2011, Disponible en: http: //www.siap.gob.mx/, consultado el 9 de marzo del 2013.

AGROBANCO, 2007, Disponible en: www.agrobanco.com, consultado el 12 de mayo del 2013.

ÁCIDOS HÚMICOS COMO FERTILIZANTE EN EL CULTIVO DE MAÍZ EN TAMAULIPAS, MÉXICO.

Hernández-Martínez, R[1*]; Reyes-Méndez, CA[1]; Espinosa-Ramírez, M[1]

[1]Instituto Nacional Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Río Bravo, Tamaulipas, México.

*Autor de contacto: hernandez.rosendo@inifap.gob.mx; Carretera Matamoros-Reynosa, km 61. A. P. 172. Río Bravo, Tamaulipas. México. C. P. 88900. Tel: 018999340745.

Resumen

Los abonos orgánicos se han recomendado en aquellos suelos sometidos a cultivos intensivos para mejorar la estructura del suelo; con ello, se aumentan la capacidad de retención de agua y la disponibilidad de nutrimentos para las plantas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de los ácidos húmicos (AH) en combinación a la fertilización química (FQ) en el rendimiento del cultivo de maíz. El experimento se realizó en dos ambientes bajo condiciones de riego en el centro (SELAD) y norte (CERIB) de Tamaulipas en terrenos del INIFAP. Los tratamientos fueron: T_1=140-40-00 de N-P-K en Río Bravo y 120-40-00 en Abasolo, T_2= FQ+AH al 40 %, T_3= FQ+AH al 30 %, T_4=FQ+AH al 25 %; T_5= Testigo absoluto, en un diseño experimental en bloques al azar con cuatro repeticiones. Se encontraron diferencias ($P \leq 0.01$) en la localidad de Río Bravo y Abasolo para rendimiento de grano en kilogramos por hectárea. El mayor rendimiento se obtuvo con FQ+AH al 40 % en ambas localidades, el cual superó con 2.52 t ha^{-1} al testigo absoluto y 1.57 t ha^{-1} a la fertilización tradicional (120-40-00) en Abasolo, y en Río Bravo en 2.52 t ha^{-1} al testigo y 1.41 t ha^{-1} a la fertilización química tradicional (140-40-00).

Palabras clave

Fertilizantes; abonos orgánicos; rendimiento.

Introducción

El maíz es uno de los cereales más antiguos que se conocen y una de las especies vegetales de mayor demanda por la sociedad. En México es el cultivo más importante por la superficie sembrada y el valor de su producción, representando el 60% de la producción total de granos en el país. En 2013, se sembraron 7.5 millones de hectáreas de maíz para grano con rendimiento medio de 3.19 t ha^{-1} y un volumen de producción de 22.7 millones de toneladas en condiciones de riego y temporal (SIAP-SAGARPA, 2015). En Tamaulipas en el mismo año, la superficie sembrada de maíz fue de 119,916 hectáreas, con un rendimiento medio de 3.51 t ha^{-1} y una producción de 400,000 toneladas respectivamente (SIAP-SAGARPA, 2015).

El suelo es considerado como un recurso natural importante para la producción de alimentos, por lo que es necesario mantener su productividad mediante prácticas agrícolas adecuadas. Los suelos de las áreas agrícolas del norte y centro de Tamaulipas son pobres en materia orgánica (<1.5 %), lo que afecta sus propiedades físicas, químicas y biológicas, limitando el rendimiento del cultivo de maíz y las ganancias del productor (Reyes- Méndez *et al.,* 2012). Los ácidos húmicos (AH) son una alternativa ante la condición actual de los suelos en el estado, además tienen efectos físicos, químicos y biológicos sobre el suelo, especialmente sobre aquellos que presentan condiciones físicas deficientes que dificultan la producción de los cultivos. Además, tienen un efecto estimulante para el crecimiento de las plantas e influyen en la movilidad de

compuestos orgánicos no iónicos como pesticidas y otros contaminantes. Son también una reserva y a la vez fuente de N, P, S y micronutrimentos para las plantas, proporcionando energía a los microorganismos que liberan CO_2, forman y mantienen la estructura del suelo, reducen los efectos de compactación y costras superficiales, reducen la erosión, mejoran la percolación y retención de agua del suelo, amortiguan cambios de pH y salinidad en el suelo, retienen los nutrimentos por sus propiedades de intercambio catiónico, incrementan la temperatura del suelo para optimizar los regímenes hídrico, eólico y térmico; así mismo, incrementan la disponibilidad de algunos nutrimentos que de otro modo formarían compuestos escasamente solubles, incrementan el almacén de nutrimentos y protegen al ambiente de la acción de metales tóxicos y algunos pesticidas (Hayes y Swift, 1978; Stevenson, 1994; Popov, 2008). Para satisfacer las necesidades nutricionales de cultivos como el maíz, se requieren altas cantidades de abonos, lo que implica una elevada disponibilidad de residuos orgánicos para su elaboración y condiciones adecuadas para su almacenaje y aplicación. Un enfoque alterno es usar bajas cantidades de abonos orgánicos y complementar con fertilizantes inorgánicos (López-Martínez *et al.,* 2001). En consideración a lo anterior el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de los ácidos húmicos como fertilizante en combinación con la fertilización química en el rendimiento de grano en maíz bajo condiciones de riego.

Materiales y métodos

El presente trabajo se estableció en dos localidades, en terrenos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), la primera se sembró el 1 de marzo en el ciclo otoño-invierno (O-I) 2013-2014 en el Sitio Experimental Las Adjuntas (SELAD), Abasolo, Tam. y la segunda el 26 de agosto en el ciclo primavera-verano (P-V) 2014 en el Campo Experimental Río Bravo (CERIB), Río Bravo, Tam. Los híbridos sembrados fueron 30P49 en el SELAD y G-8801 en el CERIB. Los dos ensayos se establecieron bajo riego con una densidad de población de 70,000 plantas por hectárea.

Para definir los tratamientos se consideró a la fertilización química (FQ) recomendada por el paquete tecnológico del INIFAP para cada región (FQ=120-40-00 de N-P-K en SELAD y 140-40-00 en CERIB) más 300 kg ha^{-1} de AH. Los tratamientos establecidos fueron T_1=140-40-00 o 120-40-00, T_2= FQ+AH al 40 %, T_3= FQ+AH al 30 %, T_4=FQ+AH al 25 %, T_5= Testigo absoluto. La aplicación de los tratamientos se realizó de manera manual al momento de la siembra en ambas localidades. El diseño experimental empleado fue bloques al azar con cuatro repeticiones. La parcela de cada ensayo consistió en cuatro surcos de 5 m de longitud, espaciados a 0.80 m. Al momento de la cosecha, se colectaron los dos surcos centrales, con un total de 40 plantas con competencia completa. Los ensayos se manejaron de acuerdo al paquete tecnológico para maíz recomendado por el INIFAP desarrollado para cada región de estudio.

Se evaluó la variable rendimiento de grano ajustado al 14 % de humedad (REND). Los datos de las variables se analizaron con el programa Statitical Analysis System (SAS) Versión 9.0. La comparación de medias se hizo mediante la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS $P \leq 0.05$ y 0.01).

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se muestran los cuadrados medios y su nivel de significancia derivados del análisis de varianza para la característica evaluada en la localidad de SELAD y CERIB, donde se observan diferencias ($P \leq 0.01$) en la variable rendimiento de grano (kg ha^{-1}), para la fuente de variación

repetición en el ambiente de SELAD, estos contrastes pueden deberse a las condiciones climáticas y edáficas de los suelo existentes en esta región. En el caso de los tratamientos se encontraron diferencias (P≤ 0.01) en rendimiento en los dos ambientes de evaluación, esto nos indica que al menos una de las combinaciones con ácidos húmicos difieren entre la fertilización química y el testigo. Cabe mencionar que en ambos ambientes el coeficiente de variación no sobrepasa el 14 %, revelando con esto que el experimento se ejecutó de manera correcta y que las diferencias existentes entre localidades de cada variable, pueden atribuirse a las condiciones climáticas o al material genético utilizado en cada ambiente.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza en la variable rendimiento a la fertilización con ácidos húmicos en combinación a la fertilización química en maíz evaluado en la localidad de SELAD y CERIB, Tamaulipas. Ciclo O-I 2013-2014 y Ciclo P-V 2014.

		SELAD	CERIB
F.V	G.L.	RENDIMIENTO	
Tratamiento	4	3.32**	3501297.300**
Repetición	3	5.42**	106008.000
Error	12	0.4511	406801.83
Coeficiente de variación (%)		13.18	11.117

** = Significativo a P<0.01; F.V.= Fuente de Variación; G.L.=Grados de Libertad.

De acuerdo a la prueba de comparación de medias (Cuadro 2) el rendimiento de grano fue significativamente mayor con el T_2 y menor para T_3, T_4 T_1 y T_5. La combinación de FQ+AH al 40 %, superó en 2.52 t ha^{-1} al testigo y 1.57 t ha^{-1} a la fertilización química (120-40-00) en el ambiente de SELAD. Resultados similares los obtuvieron Álvarez *et al*., (2010) al evaluar abonos orgánicos en maíz, donde el rendimiento varió de 2.15 a 3.61 t ha^{-1} entre tratamientos; el valor más bajo fue para la dosis baja de fertilización sin abono, y el más alto para la dosis alta de fertilización con humus de lombriz.

Así mismo, en la localidad del CERIB se observó que el mejor tratamiento fue la FQ+AH al 40 % con 7.245 t ha^{-1}, superando al testigo y la fertilización química tradicional con rendimientos en 5.834 y 4.719 t ha^{-1}, respectivamente. Probando con esto que al utilizar un tratamiento con FQ+AH al 40 % se observa un incremento de rendimiento aproximado de 2.526 t ha^{-1} comparado contra el testigo absoluto y 1.411 t ha^{-1} mayor en comparación a la fertilización química tradicional (140-40-00). Estos resultados son semejantes al ambiente de SELAD evaluado bajo las mismas condiciones. Respecto a esto Kyun-Hwa *et al*., (2004) menciona que indistintamente del tipo de abono orgánico la fertilización orgánica en general mejora el rendimiento de grano del maíz, posiblemente debido a una estimulación de la mineralización de los abonos por la mayor disponibilidad de N y P para la biomasa microbiana, según lo observado con una mezcla de urea y composta en un suelo con bajo contenido de N inorgánico.

Cuadro 2. Comparación de medias (DMS, P<0.05) de los cinco tratamientos en la variable de rendimiento en t ha^{-1} a la fertilización con ácidos húmicos en combinación a la fertilización química en maíz evaluado en las localidades de SELAD y CERIB, Tamaulipas. Ciclo O-I 2013-2014 y Ciclo P-V 2014.

	SELAD 30P49	CERIB G-8801
TRATAMIENTOS	MEDIA	
T^1 = FQ (120-40-00)	4.775bc	5.834b
T^2 = FQ+AH 40	6.352a	7.245a
T^3 = FQ+AH 25	5.257b	5.380bc
T_4 = FQ+AH 30	5.252b	5.507bc
T_5 = Testigo	3.832c	4.719c

*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales (P<0.05).

Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten concluir que el mayor rendimiento de grano se obtuvo con el tratamiento de FQ+AH al 40 %, con un incremento de 2.526 t ha^{-1} comparado contra el testigo absoluto y 1.411 t ha^{-1} superior a la fertilización tradicional (140-40-00) en la región de Río Bravo. Para el caso de Abasolo la FQ+AH al 40 % superó en 2.520 t ha^{-1} al testigo y 1.577 t ha^{-1} a la fertilización química tradicional (120-40-00). Los resultados obtenidos sugieren que es de suma importancia el manejo integral de fertilizantes químicos y abonos orgánicos, ésto por sus efectos físicos, químicos y biológicos sobre el suelo, crecimiento de la planta y rendimiento de maíz para el centro y norte del estado de Tamaulipas.

Bibliografia

Álvarez, S. J. D., Gómez, V. D. A., León, M. N. S., y Gutiérrez, M. F. A. 2010. Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia*. vol.44 (5) 575-586.

Hayes, M. H. B. and Swift, R. S. 1978. The chemistry of soil organic colloids. *In*: The chemistry of soil constituents. Greenland, D. J. and Hayes, M. H. B. (eds). John Wiley & Sons. New York. 179-320 pp.

Kyung-Hwa, H., C. Woo-Jung, H. Gwang-Hyun, Y. Seok-In, Y. Sun-Ho, and R. Hee-Myong. 2004. Urea-nitrogen transformation and compost nitrogen mineralization in three different soils as affected by the interaction between both nitrogen inputs. Biol. Ferti. Soil. 39:193–199.

López-Martínez, J. D., A. Díaz E., E. Martínez R. y R. D. Valdez C. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento de maíz. Terra 19: 293-299.

Reyes-Méndez. C.A., de la Garza, C. M. y Cantú, A. M. A. 2012. En: Elizondo, B.J., Almeyda, L. H. I., Barrón, C. J. L., Torres, E. L. M. y García, D. G. J. Tecnologías generadas, validadas o transferidas en los estados de Tamaulipas, San Luis Potosí, Coahuila y Nuevo León en el año de 2012. Dosis óptima económica de abonos orgánicos para incrementar la producción de maíz en el norte y centro de Tamaulipas. SAGARPA. INIFAP-CIRNE-CERIB. p. 43.

Popov, A. I. 2008. The probable mechanism of biological effect of humic substances. *In*: From molecular understanding to innovative applications of humic substances; Proceedings of the 14th. meeting of international humic substances society. Perminova, I. V. and Kulikova, N. A. (eds). Humus Sapiens. Moscow. 453-456 pp.

Stevenson, F. J. 1994. Humus chemistry. Genesis, composition, reactions. 2nd. ed. John Wiley & Sons. Inc. New York, USA.

Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2015. Estadísticas agrícolas por entidades de México. URL: http://www.siap.sagarpa.gob.mx.

NIVELES DE FERTILIZACION EN EL CULTIVO DE LA PAPA VARIEDAD AGATHA Y SU EFECTO EN ALGUNAS CARACTERISTICAS DE CRECIMIENTO EN DOS ETAPAS FENOLOGICAS: CRECIMIENTO VEGETATIVO E INICIOS DE TUBERIZACION

Joaquín-Medina, E[1*]; Alcántara-Vara, E[2]; Torres-Valencia, V[3]; Domínguez - Hernández, F[3]; Castro- González NP[3] Alemán – Fidel, L[4]

[1]Benemerita Universidad Autónoma de Puebla, México y Universidad de Córdoba, España
[2]Universidad de Córdoba. España.
[3]Benemerita Universidad Autónoma de Puebla. México
4 Estudiante de licenciatura. Ingeniería Agrohidráulica, BUAP

*Autor de contacto:joaquinm71@hotmail.com. San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Tel + 5212313122933

Resumen

Se realizó un estudio de fertilización en el cultivo de la papa de la variedad Agatha en condiciones de temporal, en la localidad de Pezmatlan, Municipio de Tlatlauquitepec, México, se evaluaron la aplicación de cinco nutrimentos y cada nutrimento en tres niveles, bajo, medio y alto, resultando para ello 15 tratamientos con tres repeticiones, cada unidad experimental consistió de 20 m2, las variables que se estudiaron fueron las unidades SPAD y la producción de materia seca, las unidades SPAD fueron medidas a los 40 y 54 y 64 días después de siembra (DDS) y la producción de materia seca los 40, 54 DDS, en lo que respecta a las unidades SPAD se tuvo que conforme avanza el tiempo las unidades SPAD van decreciendo en su valor sin embargo en el presente trabajo los niveles se reportan dentro de un promedio de 45 unidades, que es la que algunos autores reportan también en sus trabajos, en las tres fechas de muestreo en los 54 y 64 DDS se reportan diferencias estadísticas significativas según Duncan al 1 %, en lo que respecta a materia seca de acuerdo al análisis de varianza se tiene que no existió diferencias significativas para el tallo en las dos fechas de muestreo ni para la variable de tubérculos, para la variable hoja y raíz si existió diferencias significativas en ambos muestreos, por lo que se tiene que la fertilización con algunos macro elementos afecta a las variables de estudio en el cultivo de la papa en la región de estudio y en condiciones de temporal.

Palabras clave
Nutrición, Macro elementos, Crecimiento, Desarrollo, *Solanum tuberosum*

Introduccion

En México se siembran cada año cerca de 70 mil hectáreas de papa, con una producción aproximada de un millón 600 mil toneladas, con un rendimiento promedio de 25.8 t/ha. La producción obtenida se destina para consumo interno: el 55% se destina para el consumo de mercado en fresco, el 29% para la industria y el 16% se destina como semilla para la siembra (SAGARPA, 2014). La papa se cultiva en 22 estados de la República, concentrándose en la zona Norte y Noroeste del país. Seis entidades concentran el 73.5% del volumen y 76.2% del valor generado los Estados con mayor producción son Sonora, Sinaloa, Veracruz, Nuevo León, México y Puebla. En el estado de Puebla según datos de SAGARPA en el año 2009, se destinaron aproximadamente 4000 hectáreas de

superficie sembrada en dicho año agrícola para la producción de papa (*Solanum tuberosum L.*), con un rendimiento por hectárea de 18 toneladas aproximadamente, lo que coloco al estado de Puebla en el tercero a nivel nacional en cuanto a superficie sembrada, pero en cuanto a rendimiento por hectárea se encuentra en el lugar número 11. El cultivo de la papa tiene gran importancia económica y social en el Estado de Puebla, ya que gran parte de las familias dependen económicamente de este cultivo. Los municipios que tienen mayor importancia son: Tlatlauquitepec, Ixtacamaxtitlan y Guadalupe Victoria. (SAGARPA, 2010). La nutrición es muy importante en el cultivo de la papa ya que esta absorbe grandes cantidades de elementos, por lo que el objetivo del trabajo es conocer el efecto de la aplicación de los elementos nitrógeno, fosforo, potasio, calcio y magnesio en el cultivo en condiciones de temporal.

Materiales y metodos

Se realizó un estudio de fertilización en el cultivo de la papa en la localidad de Tlatlauquitepec, Puebla. México, dicha localidad se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas 19° 51´8" latitud Norte y 97° 29' 44" longitud Oeste, con una altitud de 1895 MSNM, El municipio según la clasificación climática de Köppen modificado por García (1981), presenta un clima oceánico (Cfb), con una temperatura promedio de 15.8°C. El experimento se realizó en condiciones de temporal, los factores de estudio son a) cinco nutrimentos, (Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Calcio y Magnesio) y b) tres niveles de nutrimentos (bajo, medio y alto). La dosis de fertilización que se empleó de fue 90 – 200- 250 - 2000 – 120, de Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Calcio y Magnesio respectivamente, de cada elemento fueron tomadas las dosis de bajo, medio y alto, por lo que para nitrógeno y el resto de los elementos en el cuadro uno se presentan las dosis y para completar las necesidades de nutrición del cultivo se aplicaron los demás elementos de acuerdo a la dosis de fertilización mencionada. El arreglo factorial fue un 5x3 en un diseño experimental completamente al azar, resultando 15 tratamientos con tres repeticiones, siendo en total 45 unidades experimentales, cada unidad de un área de 20 m^2.

Cuadro 1. Tratamientos de fertilización, de cinco macroelementos y su correspondiente dosis en kg ha-1

NUTRIMENTO	NITROGENO			FOSFORO			POTASIO			CALCIO			MAGNESIO		
kg ha^{-1}	30	60	90	20	60	200	25	75	250	200	600	2000	12	36	120
TRATAMIENTO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15

Cada parcela estuvo constituida de cinco surcos de cinco metros de largo, con una distancia entre surcos de 0.9 m., la distancia entre plantas fue de 0.3 m., por lo que se tuvo una densidad de población de 37,000 plantas ha^1. Y la parcela útil fueron los tres surcos centrales.

Previo al establecimiento del experimento se realizaron las actividades propias de preparación del terreno como son el barbecho, rastreo, surcado y delimitación de las unidades experimentales.

La aplicación de los tratamientos de fertilización se llevó a cabo al momento de la siembra. Es decir los elementos como son fosforo, potasio, calcio y magnesio fueron aplicado al momento de la siembra, únicamente el nitrógeno fue fraccionado el 50 por ciento a la siembra y el resto a los 40 días después de la siembra.

Las variables de estudio fueron las unidades Spad (Soil Plant Analysis Development), materia seca por componente. Para las unidades Spad; Se realizaron mediciones a los 40, 54 y 65 días después

de siembra (DDS) Se tomaron lecturas de hojas maduras y fotosintéticamente activas, en cada unidad experimental. Para materia seca se tomó una planta completa por unidad experimental, a los 40 y 54 DDS las cuales se separaron en órganos como tallo, hojas (que conforman la parte aérea), raíz y tubérculos. Las raíces más estolones (tallo lateral y subterráneo donde se forma el tubérculo) y tubérculos. Se lavaron con agua para separarlos del suelo, cada órgano se secó en estufa con circulación de aire forzado durante 72 h a 65 °C. Para así obtener el peso seco de cada órgano de la planta y el total.

Resultados y discusion

Para los resultados de cada una de las variables se realizó el Análisis de Varianza y la prueba de medias de Duncan, así mismo también se obtuvieron medidas de dispersión, para las variables de estudio.

Unidades Spad. De acuerdo con Taiz y Zeiger 2004 y Riveiro, et al, 2015, los análisis de intensidad del verde de las hojas es una técnica que está siendo utilizada en la evaluación del contenido de nitrógeno en una planta por el hecho de existir correlación directa entre la intensidad del verde y el contenido de clorofila con la concentración de nitrógeno en la hoja, ya que el nitrógeno forma parte de la molécula de clorofila. En el cuadro dos se presentan los datos de las medias de dispersión de unidades Spad obtenidos en el cultivo de papa variedad Agatha, en donde se puede observar que a medida que pasa el tiempo los valores se van reduciendo así se tiene que de los 40 a los 64 días, hay una diferencia de 10.23 en el valor mínimo y una de 5.58 en el valor máximo, el valor promedio también disminuyo 6.71unidades, y la desviación estándar fue mayor a los 64 días, así mismo el CV también se incrementó a los 64 días después de siembra.

Cuadro 2. Medidas de dispersión de las unidades SPAD en tres fechas después de siembra.

	40 DDS	54 DDS	64 DDS
	----------UNIDADES SPAD ----------		
MINIMO	48.18	45.11	37.95
MAXIMO	55.53	48.97	49.18
PROMEDIO	52.27	47.40	45.56
DESV EST	2.30	1.27	2.49
CV	4.40	2.68	5.46

DDS = días después de siembra, DES EST = desviación estándar CV = Coeficiente de variación

En el cuadro tres se tienen las medias obtenidas de las unidades Spad de cada uno de los tratamientos y en tres fechas de muestreo, así mismo se realizó la prueba de Duncan, por lo que de acuerdo a la prueba se tiene que para los 40 DDS no se tienen diferencias significativas de las unidades spad entre tratamientos , para los 54 DDS se tiene que el tratamiento 14 fue el que obtuvo las unidades más altas, seguido del tratamiento uno, y todos los demás tratamientos son iguales entre sí; para los 64 DDS el tratamiento 13 obtuvo el mayor índice de Spad, después el índice alto de spad lo componen los tratamientos T2 y T11 ya que de acuerdo a Duncan son iguales, el T1 es el que presenta el valor más bajo y todos los demás tratamientos son iguales entre si ya que están agrupados según Duncan en el mismos grupo estadístico

Los datos de unidades Spad reportados por Giletto et al. 2010 en las variedades innovator, bannock, y grem russet a los 60 DDS son de 45 unidades que es el promedio que se obtuvo en este trabajo, de acuerdo con el cuadro dos y en el cuadro tres a los 64 DDS se observan valores muy similares.

Cuadro 3. Medias de las unidades spad de los tratamientos obtenidos en tres fechas después de siembra

TRAT	40 DDS	54 DDS	64 DDS	TRAT	40 DDS	54 DDS	64 DDS
	----------UNIDADES SPAD ----------				----------UNIDADES SPAD ----------		
T1	52.460 A	45.107 B	37.953 C	T9	53.820 A	46.073 BA	45.580 BA
T2	52.233 A	47.307 BA	44.520 B	T10	54.827 A	46.653 BA	45.547 BA
T3	48.233 A	45.160 B	44.747 B	T11	51.113 A	48.167 BA	44.520 B
T4	55.527 A	48.173 BA	45.280 BA	T12	54.847 A	48.667 BA	46.213 BA
T5	51.373 A	46.387 BA	47.227 BA	T13	54.133 A	47.960 BA	49.180 A
T6	53.220 A	48.680 BA	46.047 BA	T14	50.940 A	48.967 A	48.407 BA
T7	49.900 A	47.953 BA	46.420 BA	T15	48.180 A	48.607 BA	46.340 BA
T8	53.200 A	47.147 BA	45.407 BA				

Letras iguales no hay diferencia estadística TRAT = Tratamientos, DDS = Días después de siembra

Ojeda et al, en 2010 reporta para las variedades andinita, atlantic y caribay 28, 29 y 35 unidades spad respectivamente a los 74 DDS, unidades por debajo de las obtenidas en el presente estudio a los 40 DDS

Para la variable materia seca se tiene en el cuadro cuatro las medidas de dispersión de cada uno de los componentes de la planta y de dos muestreos con 14 días de diferencia entre cada muestreo.

La acumulación de materia seca es comúnmente usada para caracterizar el crecimiento, porque usualmente tiene un gran significado económico. La producción de asimilados por las hojas y el punto hasta el cual pueden ser acumulados por el deposito que representan los órganos que son cosechados, influencia significativamente el rendimiento del cultivo (Tekalign y Hammes, 2005). De acuerdo con Nganga, 1982; un estudio del patrón de distribución de materia seca entre los órganos de la planta, es muy importante para la evaluación de la tasa de crecimiento, la productividad y el nivel de rendimiento de la papa.

Cuadro 4. Medidas de dispersión de la materia seca, en dos fechas después de la siembra

	40 DDS				54 DDS				
	HOJA	RAIZ	TALLO	TOTAL	HOJA	RAIZ	TALLO	TUBERCULO	TOTAL
	---------- gr ----------				---------- gr ----------				
MINIMO	2.86	1.96	0.67	5.58	5.07	1.27	1.48	6.57	17.85
MAXIMO	6.27	4.63	2.10	10.96	14.95	3.78	4.31	21.86	62.53
PROMEDIO	4.37	2.76	1.15	8.29	9.36	2.39	2.85	14.20	30.21
DES EST	0.89	0.70	0.38	1.59	2.83	0.63	0.85	4.77	10.93
CV	20.26	25.19	32.89	19.15	30.26	26.41	29.67	33.60	36.18

DDS = Días después de siembra, DES EST = Desviación estándar, CV = coeficiente de variación

En general el aumento de la materia seca de cada uno de los componentes es evidente, ya que también hay que recalcar que a los 54 DDS ya se tiene tubérculo, por lo tanto aumento la producción de materia seca, de un promedio total de 8.29 a 30.21 es decir con un incremento de 21.92 gr, en 14 días.

En el cuadro cinco se tiene la producción de materia seca por componente y por tratamientos, por lo que a los 40 días no hay diferencias estadísticas significativas de las variables tallo y el total de producción de materia seca, sin embargo si existió diferencias significativas según Duncan de las variables hoja y raíz en los dos muestreos.

Cuadro 5. Producción de materia seca por componente de plantas de papa cultivar Agatha, de cada uno de los tratamientos

	40 DDS				54 DDS				
TRAT	HOJA	RAIZ	TALLO	TOTAL	HOJA	RAIZ	TALLO	TUB	TOTAL
	---------- gr ----------				---------- gr ----------				
T1	5.070 BA	2.993 BA	2.0967 A	10.160 A	10.930 BA	2.4867 BAC	3.087 A	17.903 A	34.41 B
T2	2.857 B	2.050 B	0.6700 A	5.577 A	7.393 BA	2.1133 BAC	2.217 A	7.920 A	19.64 B
T3	4.280 BA	2.517 BA	0.9067 A	7.703 A	6.343 B	1.2667 C	1.510 A	8.727 A	17.85 B
T4	4.297 BA	3.197 BA	0.8600 A	8.353 A	5.073B	2.7500 BAC	3.323 A	12.820 A	23.97 B
T5	3.613 BA	4.630 A	1.1633 A	9.407 A	6.520 B	2.2100 BAC	1.483 A	14.880 A	25.09 B
T6	4.657 BA	2.540 BA	0.9700 A	8.167 A	12.163 BA	3.7767 A	4.307 A	12.710 A	32.96 B
T7	4.267 BA	1.970 B	1.1367 A	7.373 A	8.937 BA	2.1333 BAC	2.520 A	12.680 A	26.27 B
T8	2.890 B	1.963 B	0.7567 A	5.610 A	8.087 BA	1.5900 BC	1.813 A	14.427 A	25.92 B
T9	3.817 BA	2.190 BA	0.9633 A	6.970 A	7.200 BA	2.0933 BAC	2.670 A	13.087 A	25.05 B
T10	4.143 BA	2.203 BA	0.8067 A	7.153 A	9.927 BA	2.3500 BAC	3.810 A	6.570 A	22.66 B
T11	5.017 BA	2.853 BA	1.4700 A	9.340 A	13.080 BA	2.7433 BAC	3.543 A	15.260 A	34.63 B
T12	5.290 BA	3.050 BA	1.5033 A	9.843 A	9.937 BA	2.7267 BAC	3.080 A	11.470 A	27.21 B
T13	4.713 BA	3.237 BA	1.4033 A	9.353 A	7.720 BA	1.9700 BAC	2.593 A	21.857 A	34.14 B
T14	6.267 A	3.220 BA	1.4700 A	10.957 A	14.953 A	2.3433 BAC	3.103 A	21.127 A	62.53 A
T15	4.423 BA	2.847 BA	1.0933 A	8.363 A	12.120 BA	3.3667 BA	3.720 A	21.543 A	40.75 BA

TRAT = Tratamientos TUB = tubérculo DDS = Días después de siembra. Letras iguales no hay diferencia estadística

Según Ñústez, 2009 en un estudio de acumulación de materia seca en cuatro variedades de papa encontró que para los 40 Días después de emergencia tuvo valores de 62, 53, 40 y 40.2 gr de materia seca para las variedades diacol capiro, betina, esmeralda y patusa suprema respectivamente, por lo que los tratamientos14 y 15 tienen una producción de materia seca similar a las obtenidas en las variedades mencionadas.

Conclusiones

La aplicación de los tratamientos en el cultivo de la papa afecta las unidades de SPAD encontradas en las plantas así como también tienen un efecto sobre la producción de materia seca en

la variedad Agatha, ya que se encontraron diferencias significativas según la prueba de Duncan, por lo que es importante conocer el efecto de la fertilización en los procesos fisiológicos del cultivo en etapas tempranas de desarrollo

Bibliografia

Giletto, Cecilia Díaz, Jorge Edgardo Rattín, Hernán Eduardo Echeverría, y Daniel Osmar Caldiz. 2010. Green index to estimate crop nitrogen status in potato processing varieties.Chilean journal of agricultural research 70(1).

Ojeda Maritza, María Pérez de Camacar, Dorian Rodríguez, Mirian Gallardo y Rosario Valera. 2010. Evaluación hortícola, producción y calidad pos cosecha de clones avanzados de papa en la localidad de Duaca, Estado Lara, Venezuela. Bioagro 22(1)

Nganga, S. 1982. Physiological basis of potato crop yield: principles. pp. 13 - 16. In: Nganga, S. and F. Shideler (Eds.). Potato Seed Production for Tropical Africa. International Potato Center.
Ñústez López, Carlos Eduardo, Santos Castellanos, Marcela, Segura Abril, Mariela. 2009, acumulación y distribución de materia seca de cuatro variedades de papa (Solanum tuberosum L.) en zipaquirá, cundinamarca (colombia) Revista Facultad Nacional de Agronomía – Medellín.
Ribeiro da Cunha, Ieoschua Katz, Antônio de Pádua Sousa, Raúl Andres Martínez Uribe, 2015. Índice SPAD en el crecimiento y desarrollo de plantas de lisianthus en función de diferentes dosis de nitrógeno en ambiente protegido. IDESIA (Chile). Volumen 33, Nº 2

Taiz, L.; Zeiger, E. 2004. Fisiologia Vegetal. 3 ed. Porto Alegre: Artmed. 719 pp. Zaccai, M.; Edri, N.

Tekalign, T. and Hammes, P.S. (2005) Growth and Productivity of Potato as Influenced by Cultivar and Reproductive Growth II. Growth Analysis, Tuber Yield and Quality. Scientia Horticulturae, 105, 29-44.

MÉTODOS PARA DIAGNOSTICAR NECESIDADES DE CAL

[1]López, G, [2]*Padilla, J, [1]Barragán M, [2]Etchevers, JD, [3]Ortiz-Monasterio, I y [4] Tasistro, A.

[1]Estudiantes becarios de la Universidad Autónoma Chapingo en el Colegio de Postgraduados; [2]Colegio de Postgraduados, Montecillo, México; [3]CIMMYT, El Batán, México; [4]IPNI, Atlanta, USA

*Autor de contacto: jpadic@colpos.mx, Km 36.5 Carr. México-Texcoco, Montecillo, Méx. CP 56230, telef. 01 595 95 2 02 00 ext. 1234

Resumen

Los suelos de algunas zonas de los estados de Chiapas y Jalisco, presentan condiciones de acidez que limitan el rendimiento del cultivo de maíz .El problema puede ser resuelto mediante aplicaciones de materiales encalantes. Sin embargo, se carece de una metodología precisa que permita predecir las cantidades que se deben aplicar. La estimación del requerimiento de cal (RC) de 25 suelos de Chiapas y 9 de Jalisco insertas en el Programa Nacional MasAgro, se realizó utilizando los siguientes métodos químicos: Woodruff, SMP Buffer Simple (SMP-S), Adams y Evans, y Mehlich. Como referencia se determinaron los RC para pH 6.5 por los métodos de incubación y curvas de titulación. Los resultados de los métodos químicos se compararon con éstos últimos. De los métodos evaluados, el método Mehlich, resultó el más apropiado para estimar RC para llevar el suelo a pH 6.5 y puede utilizarse como método de rutina para suelos de Chiapas y Jalisco.

Palabras clave
Acidez del suelo, requerimiento de cal, pH

Introducción

La acidez de los suelos dificulta la obtención de los rendimientos máximos posibles de los cultivos. Con el encalado es posible revertir el problema. Numerosos métodos químicos se emplean para predecir las necesidades de cal, pero deben ser calibrados con la respuesta a la aplicación de cal en campo. Un procedimiento intermedio, de menor precisión con duración de semanas, es incubar suelos con dosis crecientes de cal y observar los cambios de pH en el tiempo. El equilibrar los suelos con una base (curvas de titulación) es una alternativa y se logra en 24 horas (Goijberg y Aguilar, 1994). En México no se han reportado suficientes trabajos de calibración con los métodos químicos, ni con los experimentos en campo, por lo que el objetivo de este trabajo fue definir que método de laboratorio mejor predice el requerimiento de cal (RC), para suelos de Chiapas y Jalisco.

Materiales y Métodos

Se evaluaron cuatro métodos químicos: Woodruff, SMP-S, Adams-Evans y Mehlich, las curvas de titulación y la incubación con cal en dos regiones de México: 25 suelos de Chiapas (0.1 a 3.2 meq acidez-intercambiable KCl 1N/100 g suelo y pHs entre 4.3-6.2) y 9 suelos de Jalisco (0.1 a 2.7 meq acidez-intercambiable KCl 1N/100 g suelo y pHs entre 3.9 y 5.9), provenientes del programa MasAgro. Se incubaron los suelos (30±5°C a capacidad de campo), por duplicado, con 0, 4, 8 y 16 t/ha cal dolomítica (94% PNRT). El pH se midió después de 0, 4, 8 y 16 semanas de incubación.

Cada uno de los suelos fue equilibrado con 0 a 2.5 meq (suelos arcillosos) y 0 a 0.6 meq (suelos arenosos) de KOH 0.1M por un periodo de 24 horas. El pH resultante del tratamiento con los métodos químicos se midió generalmente en una relación 1:1 con agua y con la adición de una solución amortiguadora (para tener una relación 1:2) que extrae la acidez intercambiable. Se obtuvieron las funciones resultantes por cada método y se estimó las necesidades de cal para alcanzar un pH de 6.5, pH objetivo para que el maíz crezca adecuadamente.

Se realizaron comparaciones de los RC (t/ha de cal) predichos por los métodos químicos con los obtenidos por los métodos de referencia (incubación y curvas de titulación). Se calcularon los coeficientes de correlación para definir el método químico que mejor se asoció con los RC predichos por los métodos de referencia en los suelos experimentales.

Resultados y Discusión

La incubación con 4 t/ha de cal a las 4 semanas fue suficiente para incrementar el pH_{agua} de los suelos a 6-6.7 en Chiapas (R^2=0.96) y 7-8.1 en los de Jalisco (R^2=0.95), con 8 t/ha de cal el pH experimentó un mayor cambio. Conforme la incubación se prolongó no se observó mayor cambio en la tendencia. Los RC estimados para ambos grupos de suelos con el método de incubación variaron de 0.8 hasta 6 t/ha de cal, mientras que con las curvas de titulación con KOH fueron desde 1.4 hasta de 15 t/ha de cal. La comparación entre los dos métodos de referencia (titulación y curvas de calibración) para los suelos de Chiapas se definió con la función $y=2.883X^{1.4465}$, con R^2=0.80, y para los suelos de Jalisco, la función fue y = -3.0129x2 + 31.513x - 58.468, con una R^2=0.80. Se cree que la incubación alcanzó un mejor equilibrio por el mayor tiempo de contacto de la cal con el suelo, que el que se logró con la base KOH y el suelo con 12 horas aproximadamente del método de curvas de titulación (López, 1990). En el Cuadro 1 se presentan los resultados de las predicciones de los RC hechos por todos los métodos en Chiapas y Jalisco. Woodruff, SMP-S y Adams-Evans en general, generaron RC superiores a la metodología de incubación, para ambos grupos de suelos.

En ambas regiones el método Mehlich predijo RC semejantes a como lo hizo la incubación, (función potencial r=0.92 y función polinomial r=0.90, Chiapas y Jalisco, respectivamente), como se muestra en la Figura 1. El valor de r se redujo levemente a 0.88, al considerar la variabilidad de los suelos de las dos regiones (Figura 2). Por lo anterior el Método Mehlich fue seleccionado para corregir la acidez intercambiable en los dos sitios. En la literatura se reportan resultados similares a los obtenidos en este trabajo (Godsey, *et. al.,* 2007). En la figura 3 se observa la relación de RC entre la incubación y el método Mehlich incluyendo las dos regiones. La predicción de RC tuvo el siguiente orden Mehlich (r=0.88)>SMP(r=0.74)>Adams-Evans(r=0.67) >Woodruff (r=0.66).

Cuadro 1. Requerimientos de cal obtenidos por diferentes métodos para los de Chiapas y Jalisco.

Suelos de Chiapas									
		Woodruff	SMP-S	Adams y Evans	Mehlich	Curvas de Titulación	Incubación		
pH al que se llevará el suelo según cada método		7.0	6.5	6.5	6.6	6.5	6.5	6.5	6.5
No. Cons	No. Lab	t cal/ha	t cal/ha	t cal/ha	RC (t/ha) para suelos minerales	t cal/ha	S0 t cal/ha	S4 t cal/ha	S8 t cal/ha
1	22388	8.9	9.9	7.4	4.2	7.1	6.1	3.3	3.1
2	22389	6.3	4.9	6.6	2.9	5.0	4.2	2.3	2.3
3	22390	1.1	12.4	***	5.7	6.0	7.7	4.0	4.1
4	22391	11.1	11.4	9.3	4.9	7.8	7.1	2.8	2.7
5	22398	8.3	4.9	***	3.3	6.1	5.6	2.6	2.4
6	22399	9.5	6.4	***	3.3	6.7	5.8	2.5	2.2
7	22400	5.3	2.2	2.4	2.1	2.5	3.3	1.8	1.5
8	22406	15.5	14.1	8.1	4.6	9.8	6.4	3.7	2.7
9	22407	11.1	14.1	8.2	4.4	9.5	5.2	2.7	2.3
10	22410	13.5	11.4	7.0	4.0	6.9	5.8	2.9	2.9
11	22411	5.7	***	4.1	2.1	2.4	3.6	1.6	1.7
12	22412	15.7	11.4	***	4.5	8.4	6.7	3.5	3.4
13	22413	10.1	9.9	7.0	4.4	7.2	6.3	2.6	2.3
14	22416	13.9	11.4	***	4.8	8.9	7.3	3.4	3.4
15	22417	15.7	8.4	***	4.4	12.3	6.8	3.0	3.2
16	22422	9.0	8.4	5.8	**	5.5	5.3	2.9	3.1
17	22423	4.4	***	1.0	1.2	1.4	1.0	0.8	0.8
18	22424	9.9	8.4	6.0	3.9	7.0	5.8	3.4	3.2
19	22425	10.6	9.9	***	4.2	7.6	6.2	2.6	2.4
20	22426	9.3	9.9	***	4.2	10.4	6.4	3.4	3.2
21	22427	8.5	6.4	6.0	3.7	9.0	5.2	2.6	2.3
22	22432	7.8	6.4	***	3.0	4.5	5.1	2.7	2.4
23	22433	18.8	14.1	***	**	11.4	6.8	3.2	3.0
24	22440	4.5	***	2.0	**	2.0	3.9	2.2	1.5
25	22441	4.4	***	1.9	1.5	1.9	3.2	1.7	1.2
Suelos de Jalisco									
1	6499	11.2	12.4	9.0	7.5	15.1	11.2	4.3	6.0
2	6500	13.3	17.3	***	8.1	10.6	11.6	6.0	7.5
3	6502	8.3	8.4	***	4.1	7.7	6.6	3.5	3.7
4	6507	12.4	20.3	***	6.8	10.4	12.6	4.7	4.4
5	6509	10.0	11.4	6.5	4.3	4.7	5.9	3.4	3.9
6	6510	10.0	12.4	***	4.6	9.3	7.3	3.7	4.1
7	6511	4.7	4.9	3.0	2.2	3.1	4.4	3.4	3.5
8	6512	6.2	4.9	***	2.7	4.0	4.5	2.6	2.6
9	6514	6.6	4.9	1.4	3.5	4.2	3.5	3.0	2.8

S0=Semana 0 S4=Semana 4 S8=Semana 8 *** Fuera de rango ** Sin suelo para aplicar método t= traza

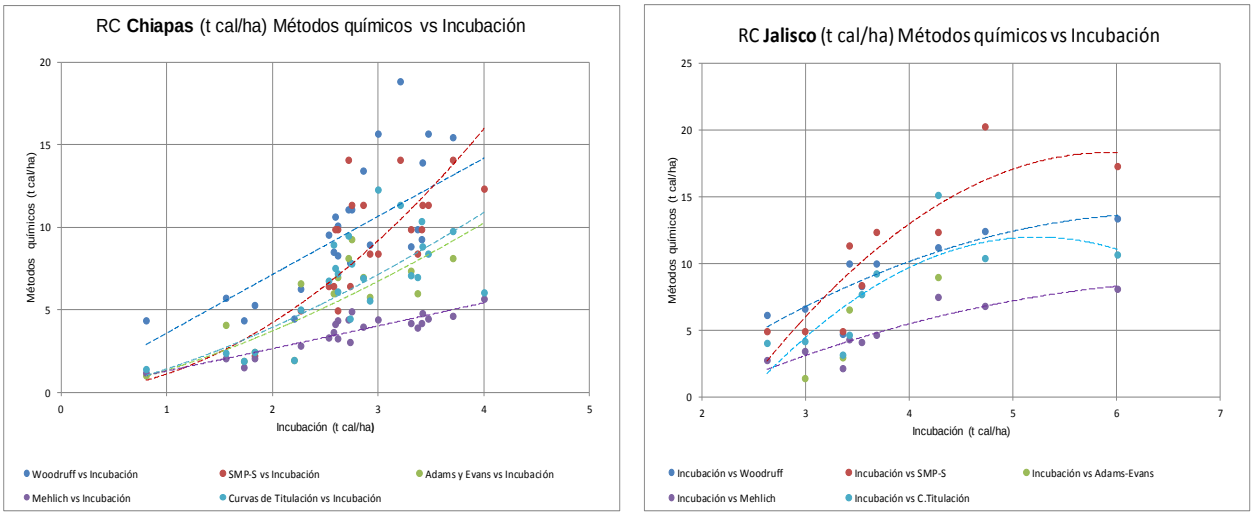


Figura 1. Comparación de los requerimientos de cal (RC) de los suelos de Chiapas y Jalisco por los métodos químicos y el de incubación.

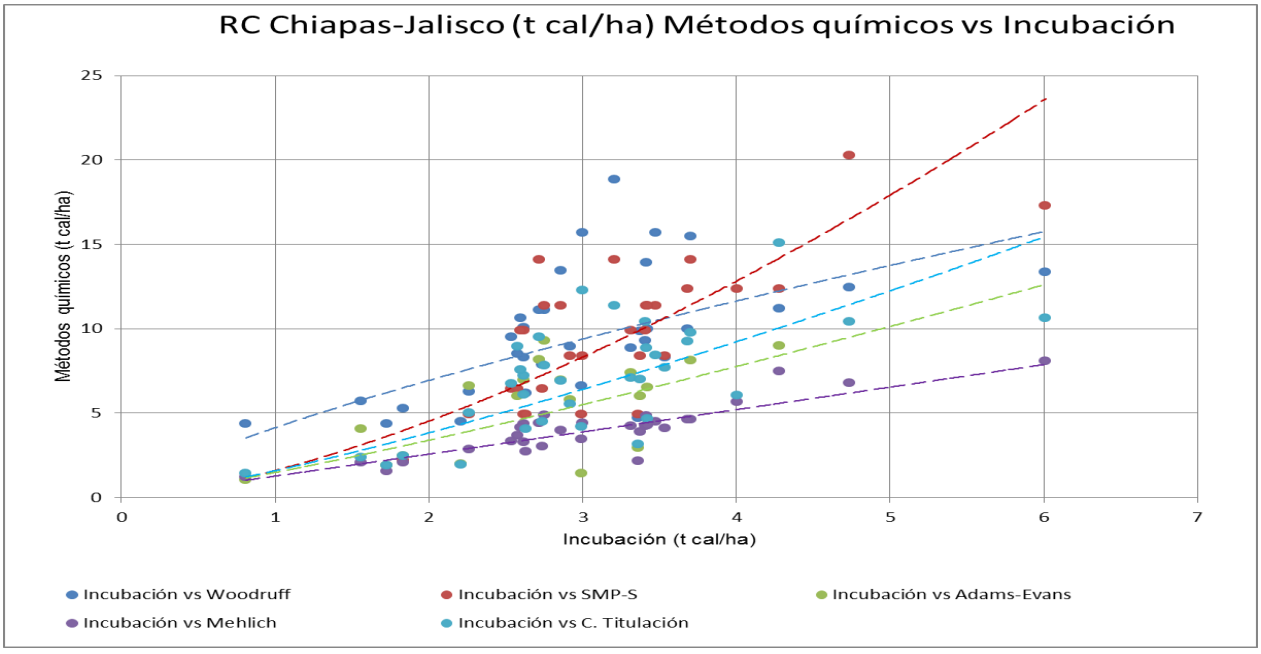


Figura 2. Comparación de los requerimientos de cal (RC) de los suelos de Chiapas-Jalisco por los métodos químicos y el de incubación.

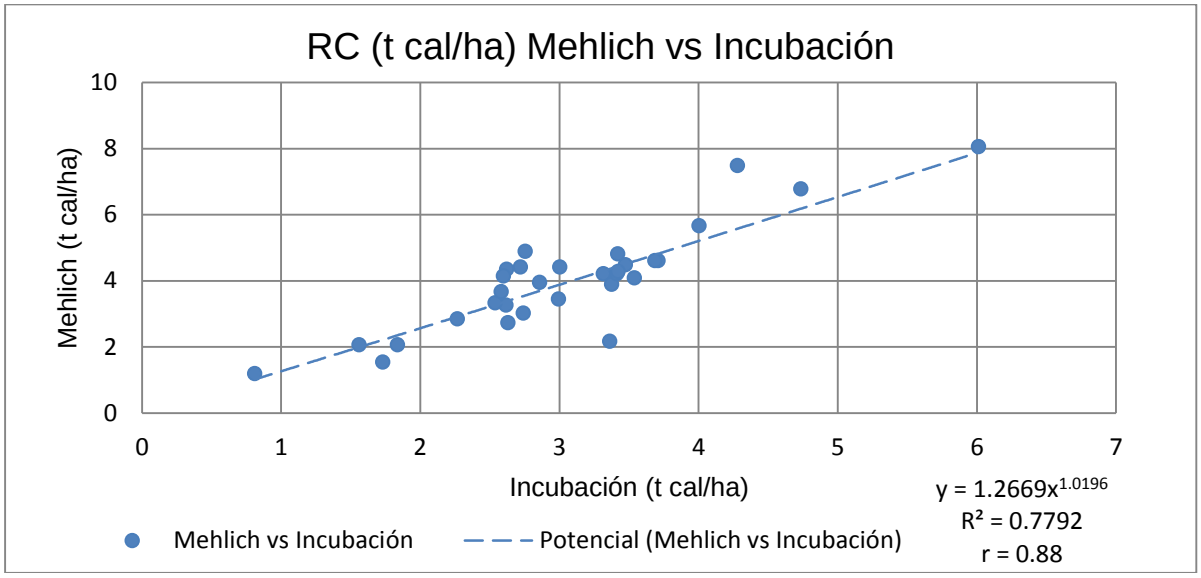


Figura 3. Comparación de los requerimientos de cal (RC) de los suelos de Chiapas-Jalisco por el método Mehlich y el de incubación

Conclusiones

1. Los RC fueron diferentes en las dos regiones estudiadas (Chiapas y Jalisco).
2. Los métodos químicos de predicción de cal si se relacionan con lo predicho por las curvas de titulación y la incubación pero en diferente magnitud.
3. El método que predice mejor los RC fue el mismo para las dos regiones estudiadas, que fue el método Mehlich.

Agradecimientos

Una mención especial por su colaboración al International Plant Nutrition Institute (IPNI); al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), principalmente al Dr. Iván Ortiz-Monasterio, por su intervención en este trabajo. Al programa Nacional MasAgro por su participación de trabajo en campo y financiamiento parcial.

Bibliografía

1. Goijberg, R. G y Aguilar, S. A. (1987). pH del suelo y necesidades de cal. En: *Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo*. Publicación especial N° 1, Chapingo, México.
2. López, R. G. (1990).Tesis. *Efecto del encalado Cu y Mo en un suelo ácido*. Tesis de Licenciatura, Departamento de Suelos. UACh. Texcoco, Edo. de México, México.
3. Shoemaker, H.E., McLean, E.O y Pratt, P.F. (1961). Buffer methods for determining lime requirement of soils with appreciable amounts of extractable aluminium. Soil Science Society of America Journal (SSSAJ). Vol. 25. No. 4, p. 274-277.
4. Godsey, Ch. B., Pierzynski, G. M., Mengel, D. B. y Lamond, R. E.2007. Evaluation of common lime requirement methods. SSSAJ: Volume 71:Number 3 p. 843-850.

EROSIÓN DEL SUELO Y PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN EN LA MICROCUENCA SAN LUIS GONZAGA, VILLA DE ARRIAGA, SLP

Torres Herrera, R[1]; Loredo-Osti, C.[2*]; Lara-Mireles, J.L.[2]; Ortiz Ávalos AA[4]; Beltrán López, S.[3]; Rojas Velázquez AN[2];; Cortés-Jiménez J.M.[4]

[1]Tesista de Ingeniero Agrónomo Zootecnista; [2]Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP; [3]Inagrotec, SC; INIFAP-CIRNOC-CE Ciudad Obregón

* Autor responsable: catarina.loredo@uaslp.mx; Tel 52 444 8524057 ext. 1118

Resumen

Los objetivos de este trabajo fueron: a) caracterizar los recursos de la microcuenca "San Luis Gonzaga", Villa de Arriaga, S. L. P., b) evaluar el riesgo a la erosión hídrica, y c) realizar una propuesta de manejo. Se generó una base de datos vía digitalización de mapas temáticos sobre edafología, uso actual y uso potencial; con el apoyo de un sistemas de información geográfica y el uso de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos se estimó el riesgo a la erosión hídrica. Con esta información se integró una propuesta de manejo. La microcuenca cuenta con una superficie de 3,596.4 ha, se localiza entre los 22°6'28'' y 22°1'54'' LN; 101°18'36''y 101°15'20''LW. Las localidades que la integran son San Luis Gonzaga y Las Norias. La población es de 808 habitantes. Los tipos de suelo dominantes son Feozem, Litosol y Fluvisol, con 59.26%, 40.29% y 0.45% en ese orden. Un 96.5% se usa como agostadero y 3.5% para la agricultura. El 60% de la superficie, son suelos clase IV/sc apropiados para la agricultura limitados por suelo y clima; 40% es tierra apropiada para pastoreo y vida silvestre. Un 50% de la superficie presenta riesgo potencial a la erosión hídrica ligero (0-10 ton/ha/año de pérdida), 23.0% riesgo moderado (10-50 ton), 24% riesgo alto (50-200 ton) y 2.6 % riesgo muy alto (>200 ton). Para la clase IV/sc se recomiendan prácticas agronómicas y mecánicas como labranza reducida, rotación de cultivos y terrazas de formación sucesiva. Cuando las tierras sean utilizadas para agostadero (de la clase IV a la VIII), se debe emplear manejo de la carga animal, control de plantas indeseables y tóxicas y cercos perimetrales. Estas actividades además de ayudar en el control de la erosión, son fuente de empleo temporal para las personas que habitan en la microcuenca.

Introducción

En México, los principales procesos de degradación de los recursos son la sobreutilización de la cubierta vegetal, la erosión hídrica y eólica, la salinización, la compactación del suelo, entre otros (SEMARNAT, 2008). En las zonas áridas y semiáridas del país, los agostaderos son los ecosistemas que más se han deteriorado, ya que el sobrepastoreo ha dañado a más de 60 millones de hectáreas (Ortiz *et al.,* 1994). En segundo lugar de daño se encuentran las áreas forestales y en tercer lugar la agricultura de temporal, en la cual se han identificado 21 millones de hectáreas con problemas de erosión hídrica y eólica en un 70% (Loredo *et al*., 2007).

En San Luis Potosí, las zonas áridas y semiáridas ocupan 77% de la superficie estatal. La ganadería extensiva representa el principal uso del suelo y la producción de forraje en pastizales o praderas inducidas, es muy limitada. En un estudio desarrollado por Loredo *et al.* (2007) se observó que 80% de la superficie presenta algún grado de erosión manifiesta que puede variar de leve a muy severa y que las tierras que se utilizan para el pastoreo son las más afectadas por la erosión. Los procesos erosivos, no son de carácter local, sino más bien regional, de acuerdo a los principios que

regulan las cuencas hidrográficas. Una cuenca hidrológica se define como la unidad de terreno delimitada por un parteaguas, en donde la característica principal del agua es ser distribuida en distintas direcciones donde desemboca en un afluente más grande, tal como un río, laguna o en el mar (Sánchez *et al.,* 2003). Por su carácter regional, las cuencas pueden ser utilizadas como unidades de planeación. La microcuenca es una parte de la cuenca y por su carácter local, se considera la unidad de programación de acciones, con la participación activa de los productores, donde se pueden desarrollar y coordinar los servicios integrados de las instituciones.

El procedimiento básico para controlar la erosión a nivel regional, consiste en llevar a cabo la clasificación y evaluación de tierras, seleccionar un sistema de uso adecuado y, en caso necesario, diseñar medidas de conservación (CIAT, 1999). Considerando lo anterior, los objetivos de este trabajo fueron: caracterizar los recursos de la microcuenca San Luis Gonzaga, del municipio de Villa de Arriaga, S.L.P., evaluar el riesgo a la erosión; y, realizar propuestas de manejo de los recursos en dicha microcuenca.

Materiales y Métodos

La microcuenca San Luis Gonzaga pertenece al municipio Villa de Arriaga, S. L. P. y está ubicada en las coordenadas 22°01'54'' y 22°06'28''LN, 101°18'36'' y 101°15'20'' Longitud Oeste y la altura sobre el nivel del mar varía de 2140 a 2600 m. a. Se caracterizaron las condiciones climáticas. Para ello se tomaron en cuenta los registros climatológicos básicos de la estación más cercana (Medina *et al.,* en 2005). Se caracterizó la red de drenaje y los indicadores hidrológicos, considerando las corrientes que aparecen en la carta topográfica escala 1:50000. Se estimó el riesgo a la erosión mediante la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (Wischmeier y Smith, 1978) adaptada por la FAO (1980). El proceso consistió en delimitar el área de estudio y obtener información sobre edafología, uso actual, uso potencial, así como mapa fisiográfico, a través del modelo de elevación digital escala 1:50000. La erosividad de la lluvia se obtuvo mediante la aplicación de la ecuación correspondiente a la Región IV, propuesta por Cortés (1991), considerando que Y se refiere al índice de erosividad y x a la precipitación media anual (Figueroa *et al*., 1991).

Con el apoyo de los Sistemas de Información Geográfica, utilizando datos vectoriales, se identificaron áreas homogéneas y se realizaron las sobre posiciones de mapas necesarias para obtener el plano de riesgo potencial a la erosión, así como el uso potencial con las recomendaciones de manejo de la microcuenca, para la elaboración del mapa de riesgo a la erosión se utilizó una adaptación (Zárate 1998) que considera a la metodología propuesta por la FAO (1980), basada en la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo, para estimar la erosión superficial. Se utilizaron los siguientes mapas: isoyetas medias anuales, mapas de pendientes (modelo de elevación digital), unidades de suelo de acuerdo a la clasificación FAO, fases físicas del suelo, textura y el mapa de uso del suelo y vegetación. Se trabajó con la cartografía de INEGI, escala 1:50 000.

Para estimar el riesgo a la erosión los factores de la ecuación universal de pérdidas de suelo considerados fueron R, K, L, S, (erosividad de la lluvia, erosionabilidad del suelo, factor por longitud de pendiente y factor por grado de pendiente en ese orden). Para conocer cuales prácticas de manejo son las necesarias para reducir las pérdidas de suelo a límites permisibles o cambios esperados en la pérdida de suelo, en función de cambios en el manejo de los recursos, los factores de la EUPS considerados son C= Factor por cobertura vegetal (adimensional) y P = Factor por prácticas de manejo (adimensional).

Resultados y Discusión

La microcuenca San Luis Gonzaga tiene una superficie total de 3,596.14 ha, está ubicada en el municipio de Villa de Arriaga, con una precipitación de 394.3 mm anuales, donde el clima es semi seco templado con una temperatura media de 16.2° C aproximadamente, hay dos localidades San Luis Gonzaga y Las norias y en total hay 808 habitantes, 399 hombres y 409 mujeres, 17.23 % de esta población es analfabeta y tienen un alto grado de marginación.

La gran parte del territorio que se encuentra en la microcuenca se destina para los pastizales y solo el 3.46% es apto para la agricultura en donde se siembra maíz y frijol en temporal. Este porcentaje de tierras abiertas a la agricultura no es porque no tengan tierras aptas para esta actividad, si no, más bien, es que los productores de esta zona tomaron la decisión de dejar estos terrenos para la conservación del suelo y fauna silvestre de la región. Dentro del tipo de suelos encontrados en la microcuenca tenemos el Feozem haplico; Litosol y Fluvisol eutrico, de buen drenaje, sin estructura parecidos a la roca madre y arenosos muy permeables respectivamente. El 50% de la superficie presenta riesgo potencial a la erosión leve, sin embargo es necesario atender al otro 50% a fin de lograr el manejo sostenible de los recursos.

Solo hay dos clases de uso potencial del suelo en la microcuenca, la clase IV/sc, la cual ocupa el 60.10% del territorio, son suelos con limitaciones muy severas para cultivos anuales; sin embargo son adecuadas para la praticultura (pastizales) o cultivos perennes. La pendiente es moderada y fuerte; cuando es uniforme se ubica entre el 12 y 20%, cuando es irregular va de 8 a 20%. Por lo que son muy susceptibles a la erosión del viento y el agua; son suelos delgados poco profundos (de 25 a 35 cm), cuyas condiciones físicas son desfavorables para la retención de humedad, muy porosos, con drenaje interno deficiente. Esto no quiere decir que no se pueda practicar la agricultura dentro de este tipo de suelos, más bien, las características que muestran no son del todo favorables para el óptimo desarrollo de los cultivos ya que pueden mostrar deficiencias de nutrimentos y retención de humedad, lo que afecta los ciclos de vida de los cultivos.

La clase VIII ocupa el 39.90% del territorio. En esta clase quedan incluidas las áreas atravesadas por numerosas cárcavas profundas y las áreas muy escarpadas y rocosas por estas características se consideran como tierras no adecuadas para uso agrícola y forestal. Aun así deben de aplicarse las medidas para controlar el avance de las cárcavas y darle descanso a los pastizales para su posterior uso por productores (pastoreo). Por lo que se recomienda dejar exclusivamente para el desarrollo de la vida silvestre y su posible extracción de recursos maderables. Con relación al riesgo potencial a la erosión hídrica en el Cuadro 1 se presenta la superficie estimada para cada uno de los grados de erosión.

Cuadro 1. Riesgo potencial a la erosión hídrica en la microcuenca San Luis Gonzaga, Villa de Arriaga, S. L. P.

Clase de Erosión Potencial	Superficie(ha)	%
Ligera(0-10 ton/ha)	1806.31	50.5
Moderada(10-50 ton/ha)	822.8	23
Alta(50-200 ton/ha)	854.66	23.9
Muy Alta (>200)	92.47	2.6

Bajo estas condiciones, la propuesta de manejo que se obtuvo para la microcuenca incluye las siguientes acciones: reducción de la carga animal y control de las plantas indeseables en las áreas de erosión de moderada a severa. Establecer cercos perimetrales y construcción de abrevaderos; construcción de terrazas de formación sucesiva en áreas que corresponden a la agricultura y en bosques la construcción de tinas ciegas.

Agradecimientos

A la fundación Produce San Luis Potosí A.C. por el apoyo para este proyecto en el Convenio POA 2012. A Fondo sectorial CONACYT-CONAFOR por el financiamiento al proyecto 2002-6320: «Evaluación de tierras para el manejo integrado de 32 microcuencas hidrológicas en San Luis Potosí» desarrollado por INIFAP donde se obtuvo la información cartográfica de riesgo a la erosión.

Bibliografía

CIAT. 1999. Nueve instrumentos para la toma de decisiones en el manejo de los recursos naturales. Centro internacional de agricultura tropical. Cali, Colombia. Guía 1.

Cortés, T., H. G. 1991. Caracterización de la Erosividad de la Lluvia en México utilizando Métodos Multivariados. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de posgraduados, Montecillos, México.

FAO, 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma. 86p.

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

Loredo, O. C., Beltrán L. S., Moreno S. F. y Casiano D. M. 2007. Riesgo a la erosión hídrica y proyección de acciones de manejo y conservación del suelo en 32 microcuencas de San Luis Potosí. Libro Técnico No. 3. INIFAP-CIRNE-Campo Experimental San Luis. San Luis Potosí, S. L. P. México. 209p.

Medina G.G., Díaz P.G., *Loredo* O. C., Serrano A. V., Cano G. M., 2005. Estadísticas climatológicas básicas del Estado de San Luis Potosí (Periodo 1961-2001) Libro Técnico No 2. INIFAP-CIRNE-Campo Exp. San Luis. San Luis Potosí, S.L.P. México. 48 - 49 p.

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

Sánchez *et al.,* 2003

SEMARNAT. 2008. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Suelo [en línea]. [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2014]. Disponible en : http://srnymadgo.gob.mx/medio_ambiente/sitio/ordenamiento_ecologico/bitacora/Contenido%20Pagina%20Web/Bases%20Tecnicas/Bases%20tecnicas_Informes%20del%20estudio%20tecnico/Fase%20de%20Caracterizacion%20I%20Medio%20Natural/Suelo.pdf

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

Zárate L., A. 1998. Memorias del Curso- Taller Introducción al uso y manejo de sistemas de información geográfica. Editado por SEMARNAT Delegación. Coahuila. Enero de 1998.

PRODUCCION DEL CULTIVO DE CHILE CHILHUACLE *Capsicum annuum* BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS

Moreno-Hernández, MA[1*]; García-Hernández[2], JL; Salazar-Sosa, E[2]; Orona-Castillo, I[2];Vázquez-Vázquez, C[2]; Cano-Ríos, P[3]

[1]Doctorado-DICAF. Universidad Juárez del Estado de Durango-Facultad de Agricultura y Zootecnia. Venecia, Durango. México.
[2] Universidad Juárez del Estado de Durango-Facultad de Agricultura y Zootecnia. Venecia, Durango. México.
[3] Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL. Carretera Santa FE y Periférico.

*Autor responsable: Mónica Alejandra Moreno Hernández , Paseo de la obsidiana #92 cerrada Rincón del sol colonia Residencial Senderos, C.P. 27018 Torreón, Coahuila México, +52 871 3077633, e-mal: monica_de_gomez@hotmail.com

Resumen

En México junto con el maíz y el fríjol, el Chile es uno de los productos de mayor consumo en la alimentación. Nuestro país es considerado el centro de origen del Chile *Capsicum annuum*, la especie domesticada por los mesoamericanos, permitiendo con ello la expansión de este en sus diversas variedades. Aunque se cultivan varias especies de este género, la especie *annuum*, es la de mayor importancia económica. México cuenta con la mayor variabilidad genética de *Capsicum annuum L. a* nivel mundial, con más de 40 tipos de chiles. En la actualidad el cultivo del chile huacle se restringe a pequeñas superficies a cielo abierto en la región de Cañada que no sobrepasan las 50 has en total, donde los productores hacen uso moderado de agroquímicos y utilizan riego por gravedad, donde se obtienen rendimientos aproximados de 1 ton ha de fruto seco con calidad comercial. El chile huacle es de la misma especie que el pimiento, el cual es la especie de *Capsicum* con mayor superficie sembrada bajo invernadero a nivel mundial, por lo que las prácticas agronómicas aplicadas al pimiento podrían ser utilizadas como referencia para la introducción del cultivo del chile huacle a este sistema de cultivo.

Palabras clave
Chile huacle; *C. annuum*, vermicomposta, composta.

Introducción

Como Centro de origen del chile (*Capsicum spp.)* México es considerado, con más de 40 tipos nativos, dentro estos los más importantes son; el serrano, jalapeño, ancho, pasilla, guajillo y de árbol son los que cubren mayor superficie sembrada en el país (CONAPROCH, 2009). Las entidades que destacan en el ámbito nacional por superficie sembrada y cosechada son: Sinaloa, Chihuahua, Guanajuato, Zacatecas y Sonora. México ha incrementado su producción de Chile paulatinamente desde principios de los noventa, debido al aumento en superficie cosechada y mayores rendimientos por hectárea.

En el 2007 Oaxaca ocupó el 16° lugar nacional en superficie sembrada de chile con aproximadamente 2,000 ha (SIAP, 2009) dedicadas principalmente a los tipos jalapeño,

de agua, taviche, soledad, costeño y huacle (Castro *et al*, 2007).El chilhuacle o también conocido como chile huacle es uno de los más importantes chiles que se cultivan en la región de la Cañada Oaxaca y es el chile de esta entidad más reconocido a nivel internacional al citarse en los principales libros de gastronomía local o nacional, como ingrediente principal del mole negro oaxaqueño. El chile huacle es de la misma especie que el pimiento, el cual es la especie de *Capsicum* con mayor superficie sembrada bajo invernadero a nivel mundial (Gamayo,2006), por lo que las prácticas agronómicas aplicadas al pimiento podrían ser utilizadas como referencia para la introducción del cultivo del chile huacle a este sistema de cultivo. Las características de los frutos son: frutos pequeños, lisos de color negro, aunque también es posible detectar frutos de color rojo o amarillo, el ápice del fruto es hundido, la mayoría de los casos presenta de tres a cuatro lóbulos. Tallos angulosos o cilíndricos de color verde en la mayoría de los casos, las hojas son de forma ovalada y de coloración verde obscuro (Castro *et al*, 2007)..

Materiales y Métodos

El trabajo experimental se realizo en un invernadero de 200 m ² con cubierta plástica, piso de grava y sistema de enfriamiento automático con pared húmeda y dos extractores, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna situada en 101° 40´y 104° 45´ de longitud oeste y los paralelos 25° 05´ y 26° 54´de latitud norte en Torreón, Coahuila. La obtención de la semilla fue mediante un productor de la región de Cañada, Oaxaca. La siembra se realizó el 28 de febrero del 2014 en charolas de 200 cavidades, utilizando la mezcla Peat Moos y vermiculita en una proporción 3:1. A cada maceta se le está aplicando lombricompost para su fertilización, aproximadamente 250 ml por la mañana 250ml por la tarde, para las macetas de arena se está aplicando solución Steiner 250ml por la mañana y 250ml por la tarde.

Se utilizaron bolsas de plástico, con capacidad de 15 L, acomodadas en doble hilera, y con una separación entre hileras de 1.6 m, para una densidad de 4 plantas m².

Las variables a que se evaluaron fueron las siguientes: Altura de la planta, número de hojas en planta, área foliar, diámetro de tallo, peso del fruto en fresco y en seco, rendimiento total.

Diseño experimental: Bloque al azar con arreglo factorial con cinco repeticiones. Teniendo un total de 75 macetas como área experimental.

Los tratamientos quedaron de la siguiente manera: vermicomposta al 25 y 27.5%, composta al 25 y 37.5% y el tratamiento testigo arena. Los genotipos utilizados del chile son: G1= negro, G2= rojo y G3= amarillo. Los datos se sometieron al análisis de varianza (ANDEVA) apropiado para el diseño, en la comparación de medias se utilizó la prueba Tukey al 5%. Para el análisis estadístico y la prueba Tukey se utilizó el programa SAS.

Resultados y Discusión

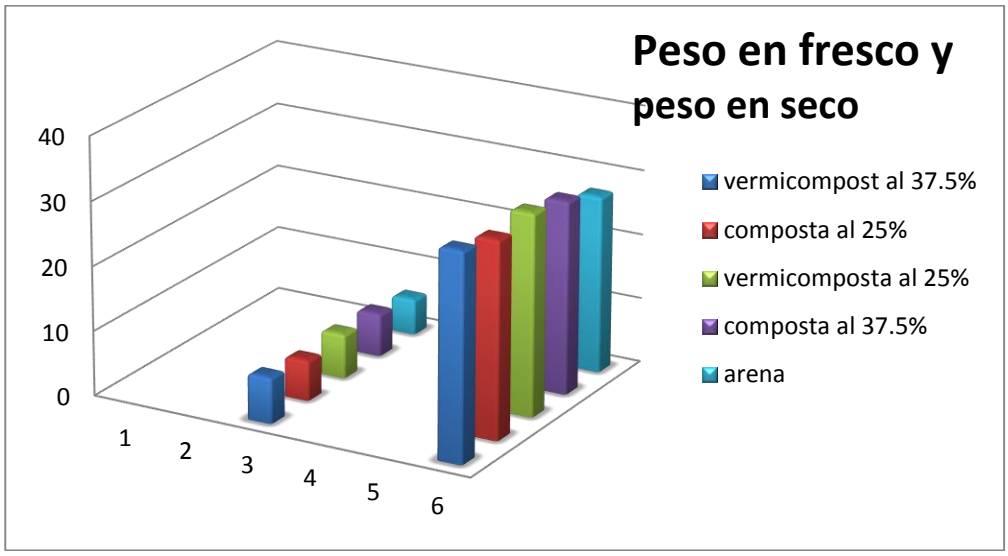


Figura 1 Peso en fresco y peso en seco por tratamiento.

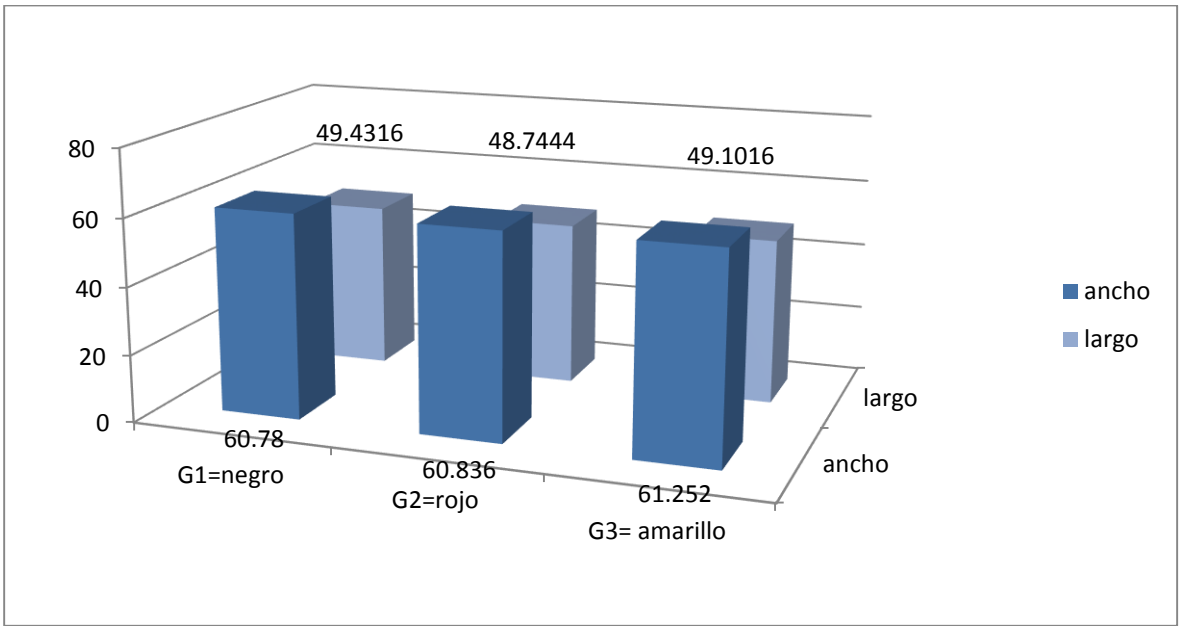
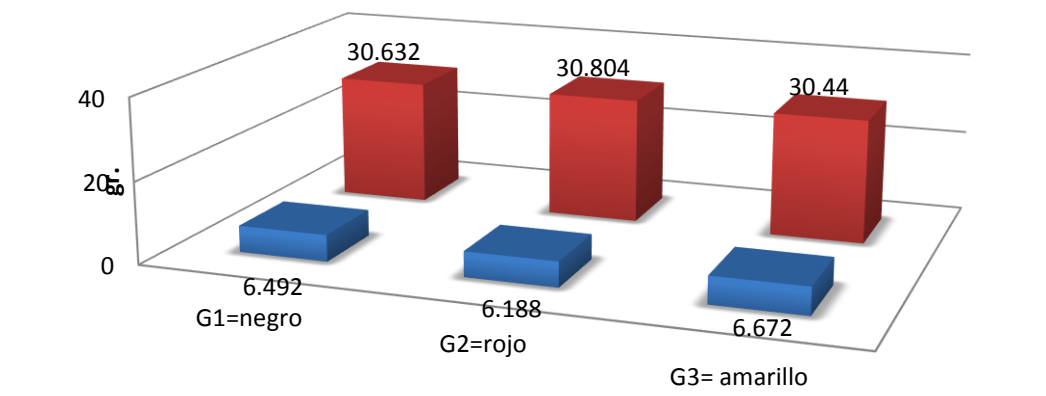


Figura 2 Largo y ancho del fruto por genotipo de chile.



	G1=negro	G2=rojo	G3= amarillo
peso seco	6.492	6.188	6.672
peso fresco	30.632	30.804	30.44

Figura 3 Peso en seco y peso en fresco por genotipo de chile.

Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos tanto en peso en seco como en peso en fresco, los resultados de ancho del fruto fueron similares a los del largo del mismo en la cual no hubo diferencia significativa para genotipo de chile pero para tratamiento si teniendo unos frutos más largos y más anchos para el tratamiento de vermicomposta al 37.5%.

Conclusiones

Podemos concluir que en cuestión de pesos, altura de planta, largo y ancho del fruto, no hubo diferencia significativa ya que el factor genotipo del chile no afecta en esas variables medidas, sin embargo en cuestión de tratamiento en todas las variables medidas nos arrojo una notable diferencia para el tratamiento de vermicomposta al 37.5%, seguido de vermicomposta al 25%, con lo cual podemos concluir que fueron nuestros mejores tratamientos.

Bibliografía

Castro G. F.; López L. P.; Montes H. S.; Andrés J. F. 2007, Caracterización morfológica de la diversidad de los chiles nativos (*Capsicum spp*.) en el Estado de Oaxaca. Memorias Cuarta Convención Mundial de Chile.

CONAPROCH, Consejo Nacional de Productores de chile. 2009. http://www.conaproch.org

Gamayo D. J. de D. 2006 Capitulo 3: El cultivo protegido de pimiento. Compendio. Pimientos. Ediciones de Horticultura S. L.

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2009.Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. http://www.siap.gob.mx

FERTILIZACIÓN ÓRGANO-MINERAL EN SORGO EN LA MIXTECA POBLANA

Sandoval-Castro, E[1*]; Tornero-Campante, MA[1]; Hernández-Salgado, JH[1]; López-Tecpoyotl, ZG[1]

[1]Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205, Santiago Momoxpan, municipio de San Pedro Cholula, Puebla. México.

[*]Autor responsable: engelber@colpos.mx; Av. México Puebla Num. 1690 int 2, Col. Residencial Alcatraces San Juan Cuautlancingo, Cuautlancingo, Puebla. México. CP 72760; Tel. +52 222 3796526.

Resumen

Los suelos que predominan en la Mixteca Poblana son delgados, con muy poco contenido de materia orgánica, además, la degradación del suelo y el manejo inadecuado de los fertilizantes repercute, no solo en el deterioro del suelo mismo sino también en la contaminación de los alimentos y las aguas subterráneas. La investigación se llevó a cabo en la región Mixteca Poblana en los años 2012 y 2013 en los municipios de Atzitzihuacan, Teopantlán, Huaquechula y Xochiltepec, del estado de Puebla. Se aplicaron diferentes tratamientos de fertilización orgánica y química en sorgo. La respuesta del cultivo de sorgo a la fertilización mineral es de no mayor a 120 kg de N ha^{-1}, bajo estas condiciones de la región. La utilización de vermicompost de la cachaza en combinación con fertilización mineral, es posible usarse como fertilizante orgánico en el cultivo de sorgo, con los beneficios que proporciona al suelo, así como mejorar los rendimientos de este cultivo en la región Mixteca Poblana.

Palabras clave
Fertilizantes químicos; biofertilizantes; compostas

Introducción

Los suelos que predominan en la Mixteca Poblana son delgados, con muy poco contenido de materia orgánica y en algunos casos considerables son calcáreos (INEGI, 2010). Una necesidad básica en la producción de alimentos está íntimamente relacionado con la fertilidad del suelo que se modifica en función de diferentes factores; tal es el caso de los suelos de origen calcáreo que inducen deficiencias nutrimentales y, bloqueo en la absorción de Fe y Zn (Ortega-Blu y Molina-Roco, 2007).

Por otro lado en la región de la Mixteca Poblana, se encuentra situado el ingenio azucarero de Atencingo, que genera anualmente 45 mil toneladas de cachaza, un residuo orgánico que a pesar de su gran contenido nutrimental ha sido subutilizado. En los últimos años se ha estado produciendo composta de cachaza con la finalidad de comercializarla para aplicarla en terrenos agrícolas de la región. La cachaza en base seca contiene 68% de MO, 59% de humedad, 2.58% de N, 2.03% de P, 1.31% de K, 4.13% de Ca, 0.31% de Mg, 127 y 987 mg kg^{-1} de NO_3^- y NH_4^+ y un pH de 6.7; por lo tanto, lejos de ser un problema ambiental, este subproducto representa un abono orgánico con alto contenido nutrimental (Arreola-Enríquez *et al.*, 2003).

Los suelos calcáreos pueden presentar un pH que va de 7.3 hasta 8.4 sin llegar a ser sódicos, pero su pH no puede ser modificado fácilmente, por lo que no es económico neutralizar estos suelos

mediante la adición de ácidos, sino solamente manejarlos adecuadamente para que no se presenten problemas de disponibilidad nutrimental, siendo principalmente la deficiencia de fierro y zinc los factores limitativos. La materia orgánica es la principal variable que afecta las propiedades físicas del suelo que por su acción quelatante, se le asocia con la disponibilidad de Fe, Mn, Cu, y Zn para la planta (Castellanos *et al.*, 2000).

La adición de composta aumenta la capacidad de intercambio catiónico (CIC), compensando asimismo los aniones y cationes en el suelo, formando quelatos de Fe y Mn, asegurando así el transporte de estos elementos; en contraste con la aplicación de fertilizantes químicos (Herencia *et al.,* 2008). De igual manera, la incorporación de abonos sintéticos, combinados con la composta, ayuda a la mineralización y disponibilidad de nutrimentos que requiere la planta (Sikora y Enkiri, 2000).

Arreola-Enríquez *et al*. (2004) y Velarde *et al*. (2004), señalan que la cachaza, es un residuo rico en N, P y Ca, constituido por materias terrosas y una cantidad importante de materia orgánica. El contenido medio nutrimental de la cachaza en materia orgánica (MO), N, P_2O_5, K_2O es de 80, 1.60, 1.20, 0.40 por ciento sobre base seca respectivamente, además contiene Ca (1.5 a 4%), Mg (0.8 a 1.24%), Fe (0.4 a 2%) y otros microelementos como Mn (0.08 a 0.16%), Cu (0.006 a 0.04%) entre otros (Velarde *et al.,* 2004). Así también, en estas condiciones semiráridas, la aplicación de 90-120 kg de N ha^{-1}, es recomendable, dosis más altas tiene efectos negativos en el crecimiento y producción en sorgo (Uchino *et al*., 2013).

El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de la composta (vermicompos) de cachaza como fertilizante orgánico y fertilizantes químicos (minerales) en el rendimiento del cultivo de sorgo, en condiciones de temporal en la región Mixteca Poblana.

Materiales y Métodos

La investigación se llevó a cabo en la región Mixteca Poblana en los años 2012 y 2013 en los municipios de Atzitzihuacan, Teopantlán, Huaquechula y Xochiltepec, del estado de Puebla. Los sitios fueron seleccionados con la participación de productores de sorgo cooperantes, en condiciones de temporal. Los tratamientos que se aplicaron a cada sitio experimental fueron como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Lista de tratamientos y su descripción.

Tratamiento	Descripción
46-23-30	**Fertilización base al momento de la siembra.**
100-23-30	Fertilización tradicional, se aplicó 50 kg de fosfato diamónico (FD, 18-46-0) más 50 kg de cloruro de potasio (KCl, 0-0-60) más 200 kg de sulfato de amonio (SA, 20.5-0-0), al momento de la siembra; y en la segunda labor se aplicó 250 kg de SA.
3t org y 6 t org	Fertilización orgánica (FO), donde se aplicó tres (2013) y seis (2012) t ha^{-1} de vermicompost de cachaza, todo al momento de la siembra.
220-36-24	Paquete propuesto por esta la empresa DISAGRO™ para el cultivo de sorgo; se aplicarán 300 kg de Nutrisorgo™ al momento de la siembra y, 300 kg de Nutriextend™ en la segunda labor.
Biol	FO con dos aplicaciones de lixiviado de vermicompost de bovino.

Nota: Las aplicaciones están dadas en unidades por hectárea.

La aplicación de los fertilizantes químicos y orgánicos fue en banda. La semilla utilizada fueron las variedades E821 y Perla (año 2012) y DK67 (año 2013). Se utilizó una densidad de plantas de 250,000 plantas ha^{-1}. Para la siembra se utilizó maquinaria. El diseño experimental fue de bloques al azar. Las repeticiones fueron de cuatro a ocho, dependiendo del sitio experimental. La distancia entre surcos fue de 0.7 m.

Para el análisis de los resultados se aplicó pruebas de análisis de varianza ANOVA y de medias de las diferentes variables de estudio con Tukey usando el paquete SAS versión 9.0 (SAS, 2002).

Resultados y Discusión

En la figura 1, se muestran los rendimientos medios de grano de sorgo de cada experimento en el año 2012. En el municipio de Atzitzihuacan se puede observar que no hay diferencia significativa entre media de tratamientos con la variedad E821; mientras que con la variedad blanca Perla sí se observar diferencias entre medias, los tratamientos con mayor fertilización tienen más rendimiento. Para el experimento de Teopantlán, con la variedad E821, el tratamiento con mayor rendimiento es con la dosis más alta de fertilizante químico; sin embargo, no es significativamente diferente al 100-23-30, ni con combinado fertilizante químico y orgánico.

En la figura 2 se muestran los rendimientos de grano de sorgo en el año 2013. Se puede observar que los mejores rendimientos se obtienen con la combinación de fertilización orgánica con mineral.

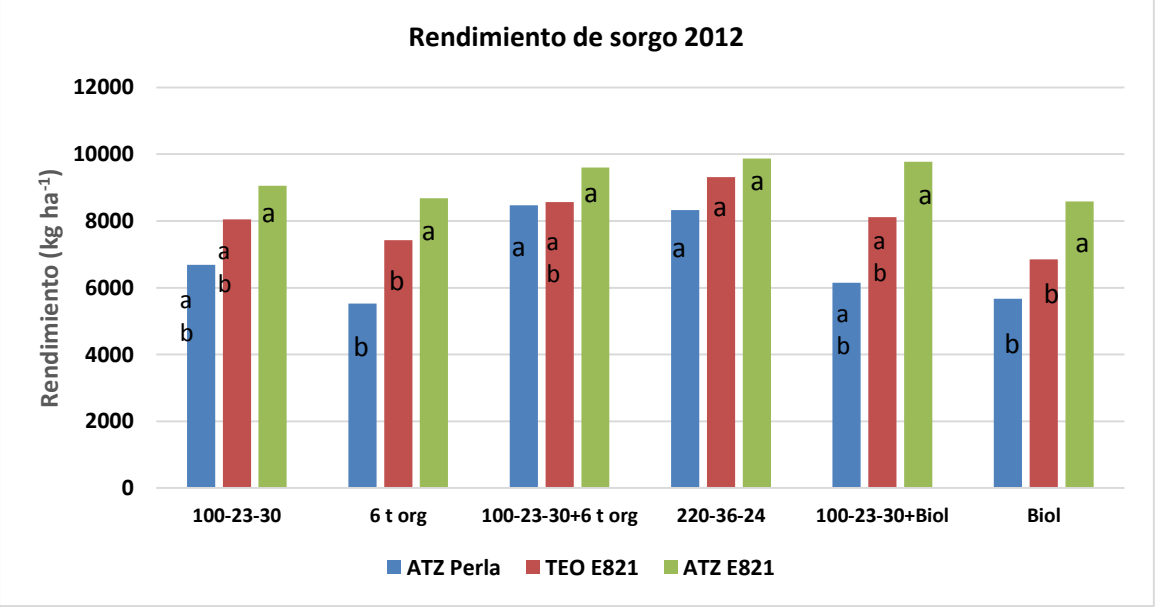


Fig. 1. Rendimiento de grano de sorgo (t ha^{-1}) en Atzitzihuacan (ATZ Perla y ATZ E821), Teopantlán (TEO E821), Puebla. Letras iguales no hay diferencia significativa. HSD $Tukey_{(\alpha=0.05)}$ = 2338, 1927 y 1795, respectivamente.

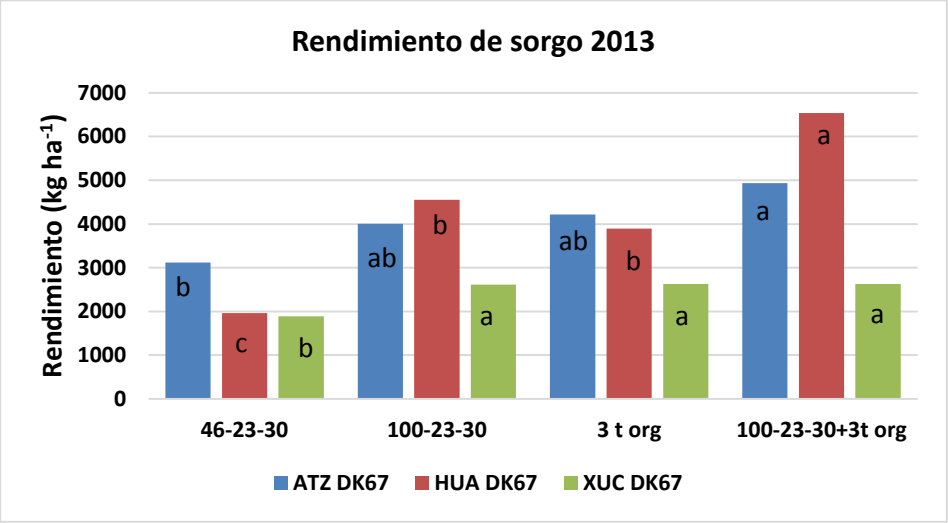


Fig. 2. Rendimiento de grano de sorgo (t ha^{-1}), Atzitzihuacan (ATZ DK67), Huaquechula (HUA DK67) y Xuchiltepec (XUC DK67), Puebla. Letras iguales no hay diferencia significativa. HSD $Tukey_{(\alpha=0.05)}$ = 1411, 1615 y 553, respectivamente.

Los resultados observados muestran que la disponibilidad de nutrimentos para el cultivo de sorgo es importante; sin embargo, los requerimientos para tener un buen rendimientos no es muy considerable. La diferencia entre los municipios de Teopantlán y Atzitzihuacan, puede ser debido al contenido de materia orgánica residual de este último, efecto importante nutrimental en la rotación de cultivos y aporte de materia orgánica (Mehdi *et al*., 2010; Sweeney *et al*., 2011); en zonas áridas la aplicación de 90-120 kg de N ha^{-1}, es recomendable, dosis más altas tiene efectos negativos en el crecimiento y producción en sorgo (Uchino *et al*., 2013); de acuerdo con Lehmann *et al*. (1999), la aplicación de altas dosis de N, sobre todo en forma de sulfato de amonio, incrementa la pérdida de N en forma de gas, usando acolchado esta pérdida disminuye; solo el 37% de N fue absorbido por la planta de sorgo. Barbanti *et al*. (2006), encontraron que el N acumulado en al sorgo, a la cosecha está claramente influenciado por el fertilizante aplicado y absorción de la planta, mientras que las pérdidas de nutrientes como la volatilización de amoniaco y la lixiviación de nitratos y materiales naturales, junto con la precipitación jugaron un papel menos relevante.

Los abonos orgánicos benefician el uso eficiente del agua, la combinación de fertilizantes químicos y orgánicos aumenta el rendimiento de grano y disminuye el consumo del agua por parte del cultivo (Shaheen *et al.*, 2010). El aporte nutrimental de los abonos orgánicos, en especial los micronutrimentos, aumenta la absorción de los elementos mayores (N, P y K), de tal forma que hay in incremento en la biomasa y rendimiento de grano (Moinuddin y Imas, 2010; Khoshgoftarmanesh *et al*., 2010; Castellanos *et al.,* 2000); proveen vigor a plántulas, así como resistencia a estrés abiótico, como es el caso del sorgo en la región Mixteca Poblana, entre otros beneficios (Khoshgoftarmanesh *et al*., 2010).

El aporte de biomasa al suelo por la vermicompost de cachaza beneficia al suelo y el desarrollo del cultivo (Mekia *et al*., 2013). Gutiérrez-Miceli *et al*. (2008), encontraron que el lixiviado de vermicompost estimulada el desarrollo de la planta; sin embargo, la fertilización con NPK es requerida para un crecimiento máximo.

Conclusiones

La utilización de vermicompost de la cachaza, es posible usarse como fertilizante orgánico en el cultivo de sorgo, con los beneficios que proporciona al suelo, así como mejorar los rendimientos de este cultivo en la región Mixteca Poblana. La respuesta del cultivo de sorgo a la fertilización mineral es de no mayor a 120 kg de N ha^{-1}, bajo estas condiciones de la región. Con esto, es posible la producción de grano de sorgo con características orgánicas con la aplicación de la cachaza como composta, ya que es un residuo de los ingenios azucareros, aprovechándola y evitar que pueda contaminar.

Bibliografía

Arreola-Enríquez. J., D.J. Palma-López, S. Salgado-García, W. Camacho-Chiu, J.J. Obrador-Olán, J.F. Juárez-López, y L. Pastrana-Aponte. 2004. Evaluación de abono órgano-mineral de cachaza en la producción y calidad de la caña de azúcar. Terra Latinoamericana 22(3), 351-357.

Barbanti, L., S. Grandi, A. Vecchi and G. Venturi. 2006. Sweet and fibre sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench), energy crops in the frame of environmental protection from excessive nitrogen loads. European J. of Agron. 25(1), 30-39. DOI: 10.1016/j.eja.2006.03.001.

Castellanos, Z.J., J.X. Uvalle B. y A. Aguilar S. 2000. *Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2ª Edición*. Colección INCAPA, 226 p.

Gutiérrez-Miceli, F.A., R.C. García-Gómez, R. Rincón Rosales, M. Abud-Archila, M.A. Oliva-Llaven, M.J. Guillen-Cruz, L. Dendooven. 2008. Formulation of a liquid fertilizer for sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench) using vermicompost leachate. Bioresource Technology 99(14), 6174-6180. DOI:10.1016/j.biortech.2007.12.043.

Herencia, J.F., J.C. Ruiz, E. Morillo, S. Melero, J. Villaverde y C. Maqueda. 2008. **The effect of organic and mineral fertilization on micronutrient availability in soil.** Soil Science 173(1): 69-80.

Khoshgoftarmanesh, A.H., R. Schulin, R.L. Chaney, B. Daneshbakhsh, and M. Afyuni. 2010. Micronutrient-efficient genotypes for crop yield and nutritional quality in sustainable agriculture. A review. Agron. for Sust. Develop. 30(1), 83-107.

INEGI. 2010. *Anuario Estadístico de Puebla 2010*. Instituto Nacional de Geografía e Informática. 937 p.

Lehmann, J., T. Feilner, G. Gebauer and W. Zech. 1999. Nitrogen uptake of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) from tree mulch and mineral fertilizer under high leaching conditions estimated by nitrogen-15 enrichment. Biol. Fertil. Soils 30: 90-95.

Mehdi, S., M. Obaid-ur-Rehman, M. Sarfraz, B. Ahmad and S. Afzal. 2010. Residual effect of wheat applied phosphorus on sorghum fodder in a sandy loam soil. Pakistan Journal of Science 62 No. 4: 202-206.

Mekia, M.N., J.L. Sniderb, J.R. Kiniryc, R.L. Raperd, and A.C. Rocatelie. 2013. Energy sorghum biomass harvest thresholds and tillage effects on soil organic carbon and bulk density. Industrial Crops and Products 43: 172-182.

Moinuddin & P. Imas. 2010. Effect of zinc nutrition on growth, yield, and quality of forage sorghum in respect with increasing potassium application rates. J. of Plant Nutrition 33(14), 2062-2081. DOI: 10.1080/01904167.2010.519081.

Ortega-Blu, R. y M. Molina-Roco. 2007. Comparison between sulphates and chelated compounds as sources of zinc and iron in calcareous soils. Agrociencia 41: 491-502.

SAS. 2002. SAS versión 9.0 2002. SAS Institute Inc., Cary NC., USA.

Shaheen, A., S. Ali, B.A. Stewart, M. Azhar Naeem and G. Jilani. 2010. Mulching and synergistic use of organic and chemical fertilizers enhances the yield, nutrient uptake and water use efficiency of sorghum. Afr. J. of Agric. Res. 5(16): 2178-2183.

Sikora, L. J. and N. K. Enkiri. 2000. E**fficiency of compost-fertilizer blends compared with fertilizer alone.** Soil Science 165(5): 444-451.

Sweeney, D.W., J.L. Moyer, D.J. Jardine & D.A. Whitney. 2011. Nitrogen, phosphorus, and potassium effects on grain sorghum production and stalk rot following alfalfa and birdsfoot trefoil. J. of Plant Nutrition 34(9): 1330-1340. DOI: 10.1080/01904167.2011.580819.

Uchino, H., T. Watanabe, K. Ramu, K.L. Sahrawat, S. Marimuthu, S.P. Wani and O. Ito. 2013. Effects of nitrogen application on sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in the semi-arid tropical zone of India. Japan Agric. Res. Quart. 47(1): 65-73.

Velarde, S.E., M.E. de León O., I.A. Cuellar A. y R. Villegas D. 2004. *Producción y aplicación de compost, 1ra. Edición*, Instituto Nacional de la Caña de Azúcar. MINREX, La Habana, Cuba.

COMPORTAMIENTO DEL MAÍZ SAN LORENZO (*Zea mays* L.) BAJO FERTILIZACIÓN CON ESTIÉRCOL SOLARIZADO EN RIEGO POR GOTEO

Vázquez-Vázquez, C[1*]; Estrada-Arellano, E[2]; Orona-Castillo, I[1]; Gallegos-Robles, MA[1]; Trejo-Escareño, HI[1]; Cervantes-Vázquez, MG[3]

[1] Universidad Juárez del Estado de Durango, FAZ, Gómez Palacio, Durango, México. Profesor.
[2] Universidad Juárez del Estado de Durango, FAZ, Gómez Palacio, Durango, México. Estudiante de MAOS.
[3] Universidad Juárez del Estado de Durango, FAZ, Gómez Palacio, Durango, México. Estudiante de DICAF.

*Autor responsable: cirvaz60@hotmail.com; Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, km 28, sin/núm., ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango. México. CP. 35000; Tel: +52 (871)-711-8918.

Resumen

En este tipo de regiones ha sido una prioridad el buen manejo de los recursos naturales disponibles y generados; para evitar daños al medio ambiente, utilizando eficientemente el agua y la gran cantidad de estiércoles producidos con manejos adecuados aunado con las metodologías de riego eficientes. En esta investigación el objetivo principal fue evaluar el efecto de diferentes dosis de estiércol solarizado en la producción de maíz variedad San Lorenzo bajo riego por goteo, la cual se llevó a cabo en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez de Estado de Durango, bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones evaluando tratamientos con 40 ,80 y 120 ton de estiércol solarizado, un tratamiento químico con 180-80-00 de NPK, y un testigo sin fertilización como alternativas para en la toma de decisiones para el manejo y productividad del maíz forrajero. El tratamiento con mejor resultado fue el T3 (80 t ha^{-1} Estiércol solarizado) con 93.05 t ha^{-1} de forraje verde y además el de mejor comportamiento en la mayoría de las variables evaluadas por lo que es sugerido emplear como alternativa para el agricultor de la región.

Palabras clave
Maíz, estiércol, Riego

Introducción

El maíz (Zea mays L.) es un grano primordialmente para consumo animal en el mundo. En México, el maíz ocupa la mayor superficie cultivada anualmente, en el ciclo agrícola 2012, se cosecharon 21 901 600 ha, de las cuales 655 511 ha fueron de maíz forrajero (Zea mays L.). En la Comarca Lagunera, en el ciclo agrícola 2012, se cosecharon 33,214.15 ha de maíz (*Zea mays L*.), con un rendimiento de 1 535 406.63 toneladas y un valor de la producción de $ 949 733.01 millones de pesos (SIAP, 2012). Actualmente el uso inadecuado de fertilizantes químicos ha contribuido al deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, (Vázquez *et al*., 2001). En la Comarca lagunera debido a su actividad lechera el estiércol es un abono que se produce de manera abundante, los cálculos es de que cada vaca produce alrededor de 12 kilos en peso fresco, por día hay 400 mil vacas de ordeña y otras 300 mil en crianza, suman 8 millones 400 mil kilos de estiércol fresco que se generan en la Comarca Lagunera (Milenio, 2009). El estiércol solarizado ha reportado que los costos por fertilización pueden ser reducidos con la utilización de estiércol como fuente de nutrimentos, se tiene además la ventaja de que los elementos nutritivos no quedan disponibles en el

suelo en un solo momento para la planta, sino que, se van incorporando a lo largo de todo el ciclo vegetativo (Vázquez *et al.,* 2010). La gran cantidad de desechos orgánicos producidos en la región podría ser una alternativa en el aprovechamiento de estos. La disponibilidad de agua de riego es uno de los principales factores limitantes de la región para producción agrícola por lo que es necesario optimizar los procesos de producción de forrajes para poder lograr producir la mayor cantidad y calidad de forraje con la mejor eficiencia en el uso de los recursos con que cuenta la región.

Materiales y Métodos

Este experimento se realizó el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (CAE-FAZ-UJED), en el ciclo primavera verano del 2013.

Manejo del experimento

Se realizó un manejo convencional, barbecho a 40 cm de profundidad, y rastreo, paso de rastra y escrepa. Se trazaron los límites de la unidad experimental (UE) usando cal. Las dimensiones de UE fueron de 4 m de ancho por 4 m de largo resultando un total de 15 UE con un área de 16 m^2 cada una.

La siembra se realizó en marzo de 2013 en plano con una separación entre hileras de 0.40 m. Y entre plantas una separación de 0.20 m. con una densidad de siembra de 120 000 plantas ha^{-1} se utilizó la variedad de maíz san Lorenzo.

El riego se calculó en base a la evaporación en un tanque evaporímetro tipo "A". Se aplicaron dos riegos por goteo con cintilla a la semana.

La fertilización de las UE con tratamiento químico en base de una dosis 160-80-00. Como fuente de nitrógeno se usó urea cuya fórmula es 46-00-00 y Fosfato Mono Amónico (MAP) con la fórmula 11-52-00 como fuente de fosforo.

La cosecha se efectuó manualmente con una hoz, cortando 2.4 m^2 del centro de cada UE, cuando las características de madurez del cultivo para forraje se encontró en estado lechoso masoso del grano. Presentándose aproximadamente a los 105 días después de la siembra.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar. El cual consistió de cinco tratamientos con tres repeticiones, con un total de 15 unidades experimentales con una separación de 1 m entre estas. Se usó un riego por goteo con cintilla.

T1= (sin fertilización)
T2= 40 t ha^{-1} estiércol solarizado
T3= 80 t ha^{-1} estiércol solarizado
T4= 120 t ha^{-1} estiércol solarizado
T5= Fertilización química (160-80-00 de NPK)
Las variables respuestas en planta fueron en planta forraje verde, forraje seco, altura de planta análisis bromatológico. En el suelo M.O. C.E. P.H. y NO_3.

Resultados y Discusión

Materia orgánica

Al ser analizados sus datos estadísticamente, su anova no expresa ninguna diferencia significativa en ninguno de los estratos. El efecto atribuible a la cantidad de estiércol y a la profundidad de incorporación; como lo menciona, Flores (1991) el estiércol bovino posee altas concentraciones de nitrógeno, además de mejorar las propiedades físicas, químicas biológicas y de la fertilidad del suelo, y aumenta el contenido de materia orgánica y agregados estables al agua, Cuadro 1.

Cuadro 1. Comportamiento de materia orgánica a diferentes profundidades(cm) del suelo en porcentaje antes y después del experimento en el cultivo del maíz forrajero bajo fertilización orgánica FAZ-UJED 2013.

Tratamiento	Inicio 0-15 cm	Final 0-15 cm	Inicio 15-30 cm	Final 15-30 cm
T1	2.0	1.6	1.5	1.3
T2	2.0	1.9	1.2	1.4
T3	2.3	2.0	1.8	1.8
T4	3.1	2.5	2.1	1.9
T5	1.8	1.8	1.6	1.3

Fibra acido detergente

Al realizar el análisis de varianza para la FDA si se manifiesta una diferencia significativa. Siendo analizadas sus comparaciones de medias (Cuadro 2) se muestra que el tratamiento T5 (FQ 180-80-00 de NPK) presento el valor mayor en porcentaje de fibra acido detergente con 40.0%, seguido del tratamiento T1 (sin fertilización) con un porcentaje de 37.99 de FDA, siendo el tratamiento T4(120 t ha^{-1} estiércol solarizado) el cual manifestó el valor más bajo en porcentaje de fibra neutro detergente; los porcentajes obtenidos superan la mayoría de los resultados en algunas otras investigaciones de esta variable, como lo menciona Núñez *et al* 2003 donde la calidad forrajera es considerada alta cuando sus valores de FDA se encuentran en un rango del 25 al 32%.

Cuadro 2. Comparación de medias de fibra acida detergente en el cultivo del maíz bajo fertilización orgánica FAZ-UJED 2013.

Tratamiento	Media	
T5	40.093	a
T1	37.993	a
T2	37.357	a b
T3	34.903	a b
T4	32.187	b

Altura de la planta

Al realizar el análisis de varianza para esta variable no revelo diferencia significativa en ninguno de los tratamientos. Al comparar sus medias el mejor tratamiento fue T5 (FQ 180-80-00 de NPK) con una altura promedio de 3.46 m, seguido del tratamiento T3 (80 t ha^{-1} estiércol solarizado) que alcanzó una altura de 3.37 m. Y los tratamientos que presentaron la menor altura fueron el T2 (40 t ha^{-1} estiércol solarizado) con una altura de 3.25 m, seguido del T1 (sin fertilización), con una altura de 3.21 m. Los resultados manifiestan un crecimiento igual en todos los tratamientos.

Rendimiento

Al realizar el análisis de varianza para esta variable no se presenta diferencia significativa en sus tratamientos evaluados. Al analizar sus medias (Figura 1) presenta una diferencia numérica considerable siendo el tratamiento T3 (80 t ha^{-1} estiércol solarizado) que presento el más alto rendimiento promedio de 93.05 ton, seguido del tratamiento T4 (120 t ha^{-1} estiércol solarizado) con 91.66 ton, los tratamientos con menor producción fueron el T2 (40 t ha^{-1} estiércol solarizado) con rendimiento de 81.94 ton, y el T5 (FQ 120-60-00 de NPK) con rendimiento de 69.44 ton., quedando el T1 (sin fertilización) en un lugar intermedio en el orden de mayor a menor producción debido que a pesar de no tener fertilización muy probablemente su producción pudo ser influenciada por la materia orgánica que existía de origen

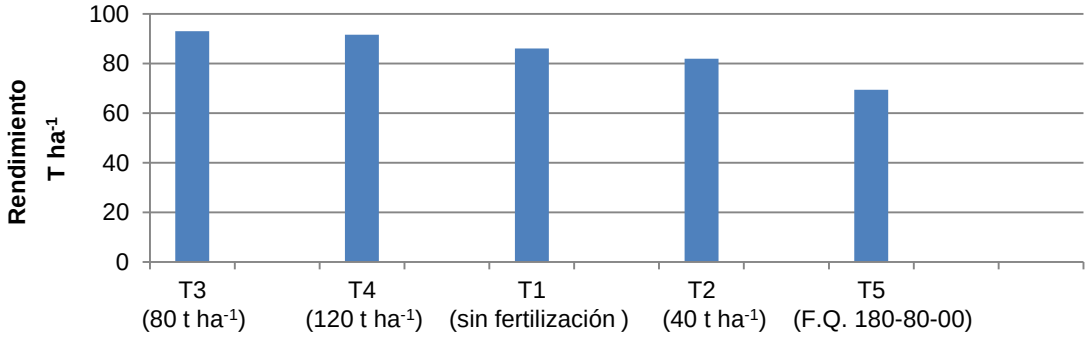


Figura 1. Comportamiento de rendimiento en el cultivo de maíz forrajero bajo fertilización orgánica FAZ-UJED 2013

Materia seca

Al realizar el análisis de varianza para esta variable muestra diferencia estadística significativa; el tratamiento que presento mayor porcentaje de materia seca (Cuadro 3) fue el T3 (80 t ha^{-1} estiércol solarizado) con un 30.53 seguido del tratamiento T4 (120 t ha^{-1} estiércol solarizado) con un 27.63%; valor menor lo presenta el tratamiento T2 (40 t ha^{-1} estiércol solarizado) con un porcentaje de 24.22 de materia seca.

Cuadro 3. Comparación de medias para materia seca en el cultivo de maíz forrajero bajo fertilización orgánica FAZ-UJED 2013.

Tratamiento	Media	
T3	30.533	a
T4	27.637	b a
T1	26.670	b a
T5	26.510	b a
T2	24.220	b

Conclusiones

El comportamiento de la materia orgánica se concluye que los tratamientos con mayor contenido de estiércol son los mayores aportadores de materia orgánica como es el caso del tratamiento T4 con 120 t ha^{-1}. La altura de planta el tratamiento químico y el tratamiento T3 estos tratamientos también se comportaron como los más altos valores, la materia seca en el tratamiento T3 fue el

mejor. En el rendimiento total el tratamiento T3 con 80 t ha^{-1} de estiércol fue el de mayor productividad y el de mejor comportamiento en las variables evaluadas por lo que se recomendaría utilizar estas dosis de estiércol por hectárea bajo el riego por goteo.

Bibliografía

Flores M. J. 1991a. Efecto del estiércol en suelos con algodonero en el Valle de Juárez. Publicación especial No. 9. Campo Experimental Valle de Juárez-INIFAP. p. 18-22

Milenio Diario. 2009 Periódico on line. Visitado el 01 de octubre de 2011 http://impreso.milenio.com/node/8675150

Núñez H.G., Contreras G.E.F., Faz C.R. 2003. Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. Tec Pecu Mex 2003; 41(1):37-48.

SIAP-SAGARPA. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2012. Visitado el 20 de mayo de 2013. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351.

Vázquez V. C., J. L. García H., E. Salazar S., B. Murillo A., I. Orona C., R. Zúñiga T., E. O. Rueda P., y P. Preciado R. 2010. Rendimiento y valor nutritivo de forraje de alfalfa (*Medicago sativa L.*) con diferentes dosis de estiércol bovino. En "Revista Mexicana Ciencia Pecuaria". Visitado el 25 septiembre 2011.http://revistascientificas.inifap.gob.mx/journal/index.php/rmcp/article/view/34.

Vázquez V.C., Salazar S.E., Figueroa V.R., Valenzuela R.J.S., y fortis H.M., 2001. Efecto del acolchonado y estiércol bovino en la modificación de algunas características del suelo de la Comarca Lagunera. XIII Semana Internacional de Agronomía FAZ – UJED. Gómez Palacio, Dgo. Pág., 178 – 182.

ABONOS ORGÁNICOS Y QUÍMICOS EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ DE RIEGO EN VALPARAISO, ZACATECAS

Villagrana-Soto, M[1]; Martínez-Gómez, J[2]; Lara-Herrera, A[1*]; Luna-Flores, M[1]; Avelar-Mejía, JJ[1]; Estrada-Casillas, J[1]

[1]Unidad Académica de Agronomía de la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), Zacatecas, Zac., México.
[2]Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario (CBTa) 167, Valparaíso, Zacatecas, México.

*Autor responsable: alara204@hotmail.com; Jardín Juárez Núm. 147, Col. Centro, Zacatecas, Zacatecas. México. CP 98000; Tel. +52(492)-925-6690

Resumen

Con el fin de evaluar el efecto de estiércol bovino y equino solos y en combinación con fertilizante químico al 50% en el rendimiento de maíz, se llevó a cabo un experimento con el hibrido H-311. Se evaluaron seis tratamientos: 1, testigo; 2, 100% fertilizante químico; 3, 100% estiércol bovino; 4, 50% estiércol bovino + 50% fertilizante químico; 5, 100% estiércol equino y; 6, 50% estiércol equino + 50% fertilizante químico. El trabajo se llevó a cabo en el CBTa 167, en Valparaíso, Zac. Una semana antes de la siembra se aplicaron las dosis de estiércol bovino. La siembra se efectuó el día 12 de mayo de 2014. La dosis de fertilización de N-P_2O_5-K_2O fue 80-30-00. Las variables medidas fueron: días a floración masculina, días a floración femenina, altura de la planta, altura de la mazorca, diámetro de tallo, número de hojas, peso de 200 granos, diámetro y longitud de la mazorca, número de hileras y número de granos por mazorca, índice del contenido de clorofila y rendimientos de forraje verde, forraje seco y de grano. No hubo diferencias en ninguna de las variables; con estiércol bovino y fertilizante químico el rendimiento de rastrojo fue de 49.8 t ha^{-1}, con estiércol equino y fertilizante químico el rendimiento de grano fue de 19.0 t ha^{-1}, el rendimiento medio de grano en el experimento fue de 17.8 t ha^{-1}. La razón por la cual no hubo diferencias se debió a que el suelo no presentó deficiencia de ninguno de los nutrimentos.

Palabras clave
Zea mays L.; estiércol de bovino y de equino; rendimiento de grano

Introducción

El maíz se cultiva en una gran diversidad de lugares con condiciones de climas diversos a nivel mundial y nacional; en el estado de Zacatecas también se siembra en diversas regiones, en el municipio de Valparaíso se cultiva bajo condiciones de temporal y de riego, tienen gran importancia los cultivos forrajeros debido a la alta producción pecuaria, la superficie cultivada de maíz en este municipio es de 13 000 ha (Luna, 2010).

La importancia del maíz radica en que es básico para la alimentación humana y animal, se utiliza en la producción de diversos productos mediante procesos industriales. La producción de maíz es parte de la cultura de la población mexicana principalmente en el medio rural y es fundamental para la producción agropecuaria, ya que además de proporcionar grano para alimentos de la cocina mexicana, también produce forraje para las principales especies animales domésticas y éstas a la vez generan estiércol con el cual se abona a las tierras donde se produce el maíz (Luna *et al*., 2008).

El estiércol suele contener los macro y micro nutrimentos requeridos por las plantas. Su aplicación en las tierras de cultivo aumenta el contenido de materia orgánica del suelo y mejora varias de sus propiedades como la estructura, la capacidad de retención de agua, la difusión de aire, la actividad microbiológica y la fertilidad, reduce la lixiviación de nutrimentos y aumenta el rendimiento de los cultivos. El abono orgánico a menudo crea la base para el mejor aprovechamiento de los fertilizantes minerales. La combinación de abono orgánico con fertilizantes minerales ofrece las condiciones ambientales ideales para el cultivo, cuando el abono orgánico mejora las propiedades del suelo y el suministro de los fertilizantes minerales provee los nutrientes que las plantas necesitan (FAO, 2013).

El presente trabajo se planteó con el fin de generar información sobre el comportamiento de la producción de forraje y grano de maíz de riego por efecto del abonado con estiércol de ganado bovino y equino y fertilizante químico, así como la combinación de estiércol con fertilizante en el municipio de Valparaíso, Zacatecas.

Materiales y Métodos

Localización, clima y propiedades del suelo

El trabajo se realizó en el campo agrícola del Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 167; ubicado en el Km 1 del camino a Agua Fría, Municipio de Valparaíso, Zacatecas. Localizado geográficamente en las coordenadas, Latitud norte: 22° 46' 56.6" y Longitud oeste: 103° 34' 16.9", a una altitud de 1933 m. El clima predominante es semiseco-semicálido con precipitaciones en verano que van de los 500 a los 1000 mm, con rangos de temperatura de 12 hasta 24 °C (INEGI, 2015).

En la parcela que se estableció el cultivo se han llevado a cabo trabajos con aplicaciones de estiércol en años anteriores, en el 2012 se trabajo con dosis de 20 a 60 t ha^{-1}.

El suelo es de textura franco-arcillo-arenosa, con las siguientes propiedades: MO=2.53%, pH=7.7, CE=1.5 dS m^{-1}, y el contenido de nutrimentos, en mg kg^{-1}, de: N-NO_3^-=47.6, P-Olsen=103, K, Ca y Mg (Intercambiables) = 812, 2490, 253, respectivamente, Fe=16.1, Mn=12.8, Zn=3.05, Cu=1.35 y B=2.41.

Tratamientos, diseño y parcela experimental

El trabajo de investigación constó de seis tratamientos y cuatro repeticiones:

T1= Testigo (sin aplicación de fertilizante o estiércol).

T2= 100% fertilizante químico.

T3= 100% estiércol bovino.

T4= 50% estiércol bovino + 50% fertilizante químico.

T5= 100% estiércol equino.

T6= 50% estiércol equino + 50% fertilizante químico.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, estableciendo un total de 24 parcelas, cada parcela constó de 6 surcos con un largo de 5 m y un espaciamiento entre surcos de 0.76 m, la superficie de la parcela fue de 22.8 m^2.

Manejo del experimento

Para preparar el suelo se barbechó y se realizó un rastreo, se trazaron las parcelas e incorporó el estiércol, por último se dio otra rastreada para incorporar las dosis de estiércol bovino y equino, quedando así una cama de siembra uniforme.

La siembra del maíz hibrido H-311,se llevó a cabo el día 12 de mayo de 2014, a una profundidad promedio de 10 cm. Inmediatamente después se efectuó un riego por goteo con una lámina 11.14 mm.

La siembra se realizó utilizando la sembradora sin botes para semilla, sustituyendo a éstos por dos personas quienes depositaban la semilla en un embudo para hacerla llegar hacia el fondo del surco. A los 29 días después de la emergencia del cultivo se realizó un aclareo, dejando un espacio de 16 cm entre plantas. Quedando un promedio de cinco plantas por metro lineal, con lo que se logra una densidad de 65 500 plantas por hectárea.

El N se fraccionó en tres aplicaciones, e la siembra, en la primer escarda y en la segunda escarda; todo el P se aplicó en la siembra.

La primera escarda se efectuó a los 20 días después de la germinación y la segunda a los 15 días después de la primera. La primera escarda se realizó mecánicamente, la segunda se llevó a cabo manualmente ya que se presentaron fuertes lluvias por lo que no fue posible que entrara el tractor.

Se utilizó un sistema de riego por goteo. En total se aplicaron 17 riegos, con una lámina de 8.4 mm en cada riego, y en total de 137.4 mm; y una precipitación durante el ciclo del cultivo de 296.6 mm, lo cual en total el cultivo recibió de la lluvia y el riego una lámina de 434.0 mm. La humedad del suelo se midió a los 15, 30 y 45 cm de profundidad con los sensores Watermark®, la humedad se mantuvieron a una tensión entre -8 y -12 cbar (centi bares) a una profundidad de 15 cm; entre -10 y -11 cbar a 30 cm; y entre -11 y -36 cbar a 45 cm.

Variables medidas

Fueron medidas las siguientes propiedades:

Rendimiento de forraje verde (RFV), Rendimiento de grano con mazorca (RGR), Rendimiento de forraje seco (RFS), Días a floración masculina (DFM), Días a floración femenina (DFF), Altura de la planta (APL), Altura de la mazorca (AMZ), Diámetro del tallo (DTA), Número de hojas (NHO), Longitud de la mazorca (LMZ), Diámetro de la mazorca (DMZ), Hileras por mazorca (HMZ), Granos por hilera (GHI), Granos por mazorca (GMZ), Peso de 200 granos (PGR) e Índice de clorofila (ICL)

Resultados y Discusión

Resultados de las variables

Los resultados de la comparación de medias para todas las variables medidas indican que no hubo diferencias (Cuadro 1).

Cuadro 1. Medias de las variables medidas en el cultivo de maíz en riego, para la evaluación de estiércoles de bovino (BOV) y equino (EQI), fertilización química (QUI) y la combinación de orgánica y química (B-Q y E-Q), en el CBTa. No. 167. Valparaíso, Zac. 2014.

Variable	TES	QUI	BOV	B-Q	EQI	E-Q
Forraje verde (t ha^{-1})	69.5 a	71.7 a	74.2 a	72.0 a	79.3 a	74.3 a
Rendimiento de grano (t ha^{-1})	16.5 a	17.9 a	17.6 a	18.7 a	17.1 a	19.0 a
Rendimiento de rastrojo (t ha^{-1})	41.6 a	41.6 a	45.9 a	49.8 a	41.3 a	46.5 a
Días a floración masculina (Días)	82 a	81 a	82 a	80 a	81 a	81 a
Días a floración femenina (Días)	84 a	85 a	84 a	84 a	85 a	84 a
Altura de la planta (m)	2.96 a	2.97 a	3.00 a	3.10 a	2.94 a	3.13 a
Altura de la mazorca (m)	1.50 a	1.53 a	1.55 a	1.54 a	1.52 a	1.60 a
Diámetro de tallo (cm)	2.40 a	2.50 a	2.53 a	2.50 a	2.43 a	2.60 a
Número de hojas	17 a	18 a	17 a	17 a	18 a	18 a
Longitud de la mazorca (cm)	17.5 a	17.3 a	16.8 a	17.5 a	17.7 a	14.4 a
Diámetro de la mazorca (cm)	5.50 a	5.50 a	5.53 a	5.45 a	5.58 a	5.45 a
Hileras por mazorca	17.0 b	17.8 ab	17.8 ab	17.5 ab	17.5 ab	18.5 a
Granos por hilera	35 a	35 a	34 a	36 a	35 a	35 a
Granos por mazorca	591 a	618 a	605 a	626 a	603 a	643 a
Peso de 200 granos (g)	86.1 a	85.3 a	79.4 a	77.8 a	86.4 a	81.5 a
Índice de clorofila	61.9 a	62.9 a	63.1 a	63.6 a	59.0 a	64.4 a

TES = Testigo; QUI = 100% fertilizante químico; BOV = 100% estiércol bovino; B-Q = 50% estiércol bovino + 50% fertilizante químico; EQI = 100% estiércol equino; E-Q = 50% estiércol equino + 50% fertilizante químico.

Discusión de los resultados

En el presente trabajo todos los factores relacionados con el manejo del cultivo estuvieron controlados a un nivel muy cercano a la condición óptima, prueba de ello son las adecuadas propiedades del suelo: profundidad del suelo (dato no presentado), la textura, el pH, la CE y el contenido de MO del suelo; el contenido de nutrimentos adecuado para Ca y Mg; el alto contenido de Fe, Mn, Zn y Cu; muy alto para N, K, S y B; y extremadamente alto de P.

Las propiedades de este suelo son muy favorables para el desarrollo del maíz, pero no corresponden con las condiciones comunes de la mayoría de los suelos del estado de Zacatecas, razón por la cual no se presentó respuesta favorable en el rendimiento al aplicar nutrimentos ya sea de fuentes orgánicas, químicas o la combinación de ambas.

El rendimiento de grano obtenido en el presente trabajo (media de 17.78 t ha^{-1}, y hasta 19.0 t ha^{-1} con la combinación de 50% estiércol de equino + 50% de fertilizantes químicos, Cuadro 1) es otra evidencia de que el cultivo tuvo las condiciones favorables para su desarrollo. Ese rendimiento excepcional se tuvo a pesar de que la fecha de siembra fue el 12 de mayo, la fecha recomendable es del 20 de abril al 10 de mayo. El adecuado manejo del cultivo (control de la humedad del suelo, de la maleza y de insectos plaga) fue otro factor que permitió lograr ese alto rendimiento.

Lo ideal para llevar a cabo el presente trabajo hubiese sido un suelo con deficiencia de nutrimentos, como es regular que se encuentren en el estado de Zacatecas, muy pobres en MO, N y P; y pobres en K, Fe, Mn, Zn, y B; y ligeramente pobres en S y Mg.

Otra prueba del alto aporte de nutrimentos que tuvo el suelo, es que se tuvo un alto rendimiento con el tratamiento testigo, el cual fue de 16.5 t ha^{-1}, superior al que reporta Martínez (2000) con el mismo híbrido (H-311) y con fertilización química, el cual fue de 15.13 t ha^{-1}. Así como el alto índice de clorofila, la media de los seis tratamientos fue de 62.5, esto significa que la planta tuvo un alto contenido de clorofila y de nitrógeno, que garantiza el aporte de N y de proteínas para producir el grano. Lo anterior se corrobora con los índices de clorofila que reportan Sainz-Rozas y Echeverría (1998), para alcanzar el 95% del rendimiento máximo osciló entre 46.5 y 58.0. Villagrán y Novoa (2002) también reportan índices de clorofila con el SPAD-502 entre 48 y 58 en plantas de maíz fertilizadas con dosis de N entre 200 y 400 kg ha^{-1}. Por lo tanto, en el presente estudio se corrobora que el cultivo no presentó deficiencia de N, debido a que los índices de clorofila fueron aun superiores (59.0 a 64.4) que los reportados por los autores antes mencionados.

Conclusiones

Bajo las condiciones en que se llevó a cabo la evaluación de la aplicación de fertilizantes químicos y de estiércoles de bovino y de equino, ya sea solos o combinados al 50% con fertilizantes químicos, no fueron diferentes respecto al tratamiento testigo.

El suelo, al contener los nutrimentos que requiere el cultivo en cantidades suficientes para expresar su potencial de producción, no requirió que se le aplicaran nutrimentos de ninguna fuente, ya sea orgánica (estiércol bovino o equino) o química (fertilizante), para obtener el rendimiento potencial que tiene el maíz H-311 en Valparaíso, Zacatecas.

Bibliografía

FAO. 2013. Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la producción ganadera*:* 1-231 pp.

INEGI. 2015. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Valparaíso, Zacatecas Clave geoestadística 32049*.* 1-9 pp.

Luna, F.M. 2010. Rendimiento de maíz en un año lluvioso y uno seco. Revista investigación científica. 6(1):1-13.

Luna, F.M., G. Loera, J. Hernández, A. Lara, J.J. Avelar y R. Ruiz. 2008. Reducción del rendimiento de grano y rastrojo de variedades criollas de maíz en Zacatecas por efecto de sequia edáfica. Revista investigación científica. 4(3):1-17.

Martínez, G.J. 2000. Efecto del arreglo topológico y densidad de población sobre el comportamiento del maíz (*Zea mays L.)* H-311. Tesis de maestría. 74 p.

Sain-Rozas, H., y H. E. Echeverría. (1998). Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en distintos estadios del ciclo del cultivo de maíz y el rendimiento en grano. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata 103(1):37-44.

Villagrán, N. y R. Novoa. (2002). Estimación de necesidades de nitrógeno en maíz por medio de análisis de imágenes. *Tierra Adentro* 46:12-15.

LA FERTILIDAD DEL SUELO BAJO LA VISIÓN CAMPESINA EN LA COMUNIDAD DE RAÍCES, MÉXICO.

Balderas-Plata, MA[1*]; Corral-García, M[2]; Gutiérrez-Cedillo, JG[3]; Morales-Martínez, FH[4]

[1, 2, 3, 4]Facultad de Geografía, UAEM. Ciudad Universitaria, Toluca, México. México.

*Autor responsable: mabalderasp@uaemex.com; Calle Cerro de Coatepec s/n, Col. Ciudad Universitaria, Toluca, México. México. CP 50110; Tel. +52(722)-215-0255

Resumen

El propósito del trabajo ha sido el conocer la manera en que los agricultores de la comunidad de Raíces perciben la fertilidad del suelo en las diversas clases de tierra de la localidad; así mismo con los análisis fisicoquímicos de suelos se evaluó su fertilidad. En su conjunto se ha obtenido un diagnóstico ambiental acerca de las problemáticas presentes resultado de la actividad agrícola. La evaluación de fertilidad a través de la clasificación y caracterización de tierras bajo la visión etnoedafológica permite tener un entendimiento de los requerimientos del campesino al desarrollar su actividad y comprender su visión sobre la fertilidad, así como la manera en que afronta las problemáticas derivadas de su actividad. En la comunidad de Raíces se identificaron 10 clases de tierras, donde las clases polvilla son en general las que presentan el mayor grado de fertilidad. La alta productividad y calidad del cultivo es el sinónimo de fertilidad de tu tierra para el agricultor en esta comunidad. Y aun cuando se reconoce el impacto negativo del uso de agroquímicos, los campesinos los siguen usando ya que bajo su visión, estos en las últimas décadas no incrementan la productividad pero si mantiene la calidad del producto, y esto se ve reflejado en un mayor ingreso económico.

Palabras clave
Productividad; Conocimiento etnoedafológico; Levantamento de tierras.

Introducción

Los cambios de uso del suelo son en la mayoría de las veces una consecuencia por buscar una mejor calidad de vida, áreas para el desarrollo de una nueva actividad, entre otras. Esto ha provocado que el hombre por sobrevivir modifica su entorno y en algunas ocasiones las consecuencias de ello pueden ser irreparables. La comunidad de Raíces, Zinacantepec, México, no escapa a esta realidad, a medida que la población va creciendo se ha obligado a transformar su entorno para mejorar su condición de vida, acciones que pueden ser inconvenientes a futuro, por ejemplo el cambio de uso de suelo de forestal a agrícola afecta el equilibrio ecológico de manera que contribuye a la perdida de la biodiversidad, a la disminución de los procesos de infiltración y a incrementar los escurrimientos superficial del agua, acelerar procesos de degradación por erosión y contaminación química de los suelos. En las nuevas áreas para el desarrollo agrícolas el uso inadecuado de agroquímicos facilita la perdida de fertilidad de las mismas y como consecuencia, la mala calidad y cantidad de los productos sembrados.

Una manera de contrarrestar la perdida de los nutrientes en el suelo por su sobre explotación ha sido a través de los fertilizantes, sustancias químicas producidas con el fin de suministrar nutrientes al suelo buscando favorecer las cosechas y aumentar su productividad. Su uso indiscriminado ha llegado a producir contaminación al ambiente sobre todo en grandes extensiones agrícolas. En caso particular, en la comunidad de Raíces, el manejo excesivo de biosidas ha provocado que el suelo productor de papa este alterado y este contribuyendo a la pérdida importante de las cosechas, observándose en la mala calidad del producto. Por tanto los agricultores han recurrido a introducir una mayor cantidad de agroquímicos lo cual no parece ser funcional y si contribuye a deteriorar la calidad de las tierras.

El estudio de fertilidad de las tierras a través del rescate del conocimiento etnoedafológico en la comunidad de Raíces puede contribuir a mejorar la fertilidad del suelo, conociendo las clases de tierras y el estado actual en el que se encuentran para que en su conjunto se establezcan los problemas de fertilidad a los que se enfrentan.

Por tanto el objetivo de este trabajo fue el evaluar la fertilidad de las tierras bajo la visión campesina en la localidad de Raíces, Zinacantepec, Estado de México, bajo la identificación de variables determinantes para su evaluación y clasificación de las mismas y establecer el impacto ambiental originado por el uso de agroquímicos.

Materiales y Métodos

Se realizó la clasificación campesina de tierras en la comunidad de Raíces, municipio de Zinacantepec, México utilizando el manual para la cartografía de tierras campesinas de Ortiz et al. (1990 en Balderas, 2005). Esta metodología establece los siguientes pasos: a) selección de informantes, b) recorridos de campo para la caracterización y cartografía de tierras campesinas. Al momento de realizar los recorridos con los informantes seleccionados se buscó obtener información sobre el manejo y la cosmovisión del campesino respecto a los aspectos de fertilidad y los problemas asociados a su manejo.

Con el propósito de establecer la fertilidad química de las clases de tierras identificadas, se tomó una muestra compuesta de suelo (2kg aproximadamente) por cada clase de tierra y con los resultados poder comparar con la visión campesina.

Los análisis de laboratorio a las muestras de suelo se efectuaron de acuerdo con los procedimientos de la Norma Oficial Mexicana Nom-021- SEMARNAT-2000: Textura, Densidad aparente (Da), pH en Agua (1:1), Carbono Orgánico (CO), Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), Materia Orgánica (M.O), Conductividad Eléctrica (CE), Fósforo (P), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio (Na), Potasio (K) y Nitrógeno Inorgánico.

Resultados y Discusión

En la Figura 1 se observa la distribución de las diferentes clases de tierras de la comunidad de Raíces, de las más representativas destacan la polvilla negra y arenosa. Los criterios y características de identificación expuestos por los campesinos de las diferentes clases de tierras se muestran en el

Cuadro 1. Fueron el color, consistencia en seco y húmedo, así como la presencia de ciertos materiales los principales criterios de diferenciación. Siendo la productividad y las características físicas del producto cultivado y cosechado lo que emplean para definir su fertilidad.

Siendo la avena y la papa sus principales productos, los agricultores de esta comunidad consideran que la fertilidad de las tierras se puede interpretar como la capacidad que tienen ser productivas o alcanzar la mayor producción del cultivo. Así entonces son las tierras fértiles las de Polvilla, destacando la de Polvilla negra; la no aptas para la agricultura y por consecuencia con muy poca fertilidad se encuentra la clase de Barro rosa (Cuadro 1).

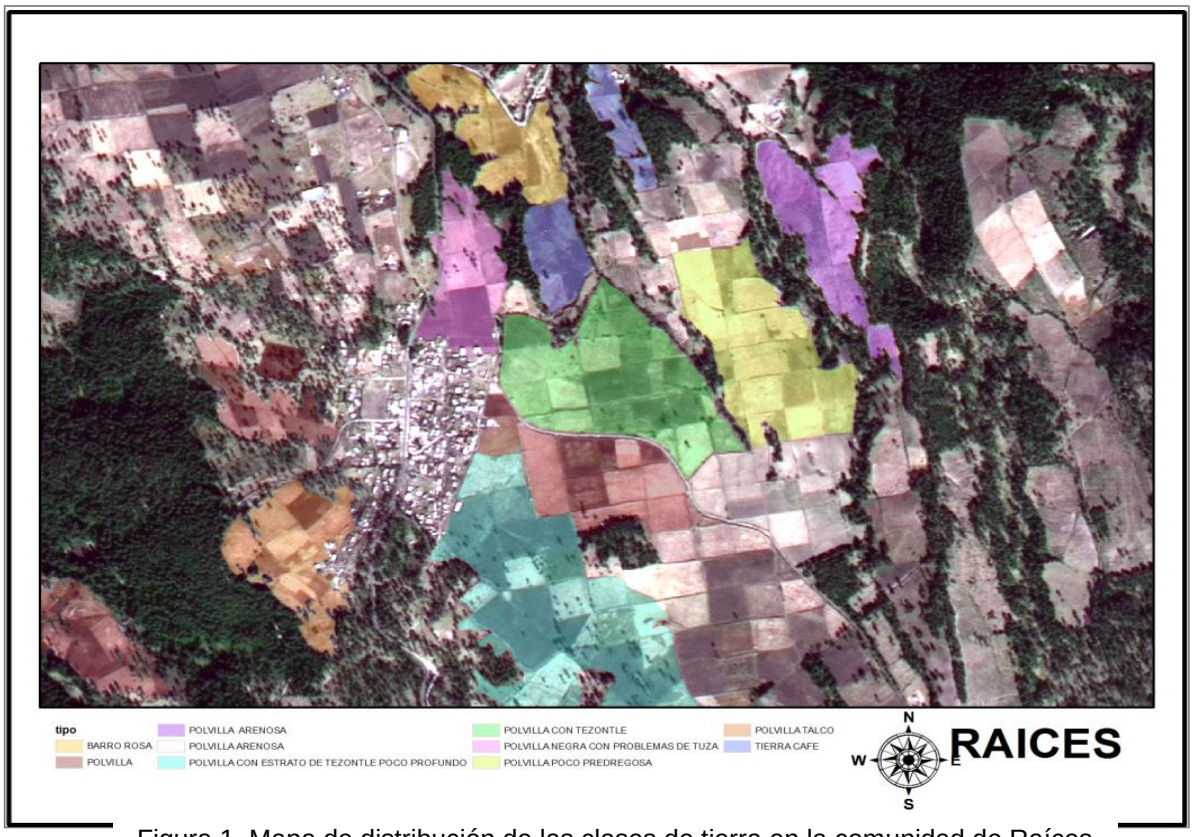


Figura 1. Mapa de distribución de las clases de tierra en la comunidad de Raíces

Los pH determinados de las diferentes clases de tierras se clasifican como de moderado a fuertemente ácidos, y de acuerdo a CIRENCORFOR (1989), Ruiz et al. (1999) y Román y Hurtado (2002) son más ácidos que lo recomendable para los cultivos producidos en la comunidad de Raíces. Los niveles de precipitación, así como las condiciones acidificantes de los suelos origina la solubilicación y el lixiviado de los cationes, reflejado en su bajo contenido de los cationes de intercambio (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+}), importantes para la buena nutrición de los cultivos, estas pérdidas se ven favorecidas por las texturas dominantemente arenosas y bajas Da (< 2). El mayor porcentaje de arena y en términos generales bajo contenido de MO y baja CIC hacen carecer a los suelos de propiedades coloidales y de reactividad, y por tanto de reservas de nutrientes, lo que por los datos de laboratorio estos suelos pueden llegar a considerarse como de mediana a baja fertilidad, lo que se establece con los bajos valores de porcentaje de saturación de bases que presentan (Cuadro 2).

El contenido de N se considera de nivel medio a alto y se consideran a estos niveles como adecuados. Mientras que el contenido de P para estos suelos es bajo; Roman y Huerta (2002)

consideran que una concentración de P adecuada para el cultivo de la papa debería de ser mayor de 28 mg Kg^{-1}.

Cuadro 1. Diferenciación y características de las cases de tierra en la localidad de Raíces

CLASE DE TIERRA	CRITERIO DE DIFERENCIACIÓN	CARACTERÍSTICAS	USO	RECOMENDACIONES DE USO Y MANEJO	PLAGAS	GRADO DE FERTILIDAD
BARRO ROSA	Color rosa y con agregados blancos de tamaño de gravas pequeñas	Color rosa, presenta humedad casi todo el año, es blanda y muy resbaladiza, no sirve para cultivar.	Pastizal de uso ganadero	No apta para agricultura, se localiza en zonas pequeñas algunas parcelas	Nulo	Poco fértil ya que tiene el aspecto chicloso y es muy difícil trabajarla cuando está húmeda
POLVILLA	Color y textura	Es muy blanda, "noble" para trabajarla, con agua se hace lodo muy negro es muy fértil	Agricultura y ganadería.	Es apta para la siembra porque es muy blanda pero en épocas de lluvia es lodosa y se recomienda trabajarla un poco húmeda.	Tizón negro, nemato dorado	Fértil pero es muy polvosa y tiende a hacerse lodo, da frutos de tamaño grande y en cantidades favorables.
POLVILLA ARENOSA	Color, porosidad	Presenta grumos como si fuera arena, es fértil, se trabaja muy bien estando seca o húmeda	Agricultura (avena)	Requiere de más abonos como estiércol, es fértil	Nemato dorado	Es muy fértil ya que su aspecto en estado húmedo y seco es favorable para trabajarla tierra y da muy buenas cosechas.
POLVILLA CON ESTRATO DE TEZONTLE POCO PROFUNDO	El tamaño de la capa de polvilla es muy reducido y la presencia de tezontle amarillento aparece a partir de los 30 cm.	Se localiza cerca del bosque, es fértil pero a poca profundidad no es tan fértil.	Agricultura (papa y avena)	No se puede trabajar a más de 50 cm de profundidad por la capa de tezontle pero es fértil	Gallina ciega	Es medianamente fértil ya que la capa que presenta de tezontle impide el crecimiento del producto y a consecuencia se cosechan frutos de tamaños medios.
POLVILLA CON TEZONTLE	Polvilla con grumos de tezontle amarillento	Es fértil no hay problema con los niveles de humedad, es más dura y se puede apretar fácilmente	Avena y papa	Se recomienda trabajarla días antes de la siembra para que no se apriete y ahogue la semilla	Gallina ciega, nemato dorado	Es fértil ya que cada año se ven los mismos tamaños de los productos y las mismas cantidades.
POLVILLA NEGRA CON PROBLEMAS DE TUZA	Color negro	Es muy fértil pero la presencia de muchas madrigueras de tuza afecta al cultivo porque es devorado por estos animales, es profunda y con humedad es más fácil trabajarla.	Avena y papa	Se recomienda usar estiércol y algún químico que aleje a las tuzas	Tuza blanca y tizón negro	Muy fértil, se observan muy buenas cosechas en cuanto al tamaño del producto, pero la calidad es media ya que la tuza muerde los frutos.
POLVILLA PEDREGOSA	Color negro y piedras que van de los 3cm a los 5 cm de diámetro	Presenta miembros rocosos pero no es en gran cantidad, puede haber problemas de que se apriete mucha la tierra e impida el crecimiento de la planta.	Avena y papa	Se recomiendan fertilizantes para evitar en nemato dorado, el manejo de la yunta	Nemato dorado	Medianamente fértil ya que el tamaño de los frutos no es muy grande a comparación de los cultivos cercanos a la zona boscosa.
POLVILLA TALCO	Color negro y textura tipo talco	Es muy difícil de trabajar cuando está muy seca porque es muy suelta y suele ser muy con viento puede ser molesto, es fértil, es extremadamente blanda.	Avena y papa	Se recomienda trabajarla húmeda y dejar descansar un año el terreno sembrando avena en caso de que fuera papa el cultivo presente.	Nemato dorado, tizón negro, gallina ciega	Muy fértil, produce buenas cosechas en cuanto a calidad y cantidad.
TIERRA CAFÉ	Color café y textura blanda, porosa.	Se localiza más cercana a la zona de bosque es muy blanda, y se trabaja fácilmente si presenta humedad favorece el trabajo. Es muy fértil.	Avena y papa	Se recomienda usarla como abono para platas ya que es muy rica en materia orgánica.	Gallina ciega	Fértil presenta buen tamaño de productos pero la cantidad de ellos no resulta ser muy favorable.
POLVILLA ARENOSA CON PRESENCIA DE CASCAJO AMARILLO	Color negro, con presencia de cascajo amarillo textura granulosa.	Presenta cascajo amarillo en rodales de 1 a 5 cm de diámetro, no hay estrato de cascajo definido, ya que presenta un aspecto de revoltura.	Avena y papa	Se recomienda trabajarla cuando esta húmeda ya que se presta para revolverla y es más blanda.	Tizón negro	Medianamente fértil, en cuestión de cantidad es buena pero la calidad de los productos es media en cuanto a su tamaño.

Cuadro 2. Resultados de los análisis químicos y físicos de las muestras de suelos de las diferentes clases de tierras en la comunidad de Raíces.

Clases de Tierras	pH-agua	Da $g.cm^{-1}$	Textura % arena (1) % limo(2) % arcilla(3)	% M.O.	C.I.C $Cmol_{(+)}Kg^{-1}$	Potasio (k) $Mg.Kg^{-1}$	Calcio (Ca) $Mg.Kg^{-1}$	Sodio (Na) $Mg.Kg^{-1}$	Fosforo (P) $Mg.Kg^{-1}$	Magnesio (Mg) $Mg.Kg^{-1}$	Nitrógeno Inorgánico (N) $Mg.Kg^{-1}$	% V	CE. $dS.m^{-1}$
Polvilla poco pedregosa	4.9 fuertemente acido	1.02	1.- 76.4 2.- 19.6 3.- 4.0 Franco arenosa	19.05, Muy alto	17.2 Media	0.46 Medio	3.43 bajo	0.32 normalmente salino.	6.8 bajo	1.97 medio	37.8 medio	40	2.65
Tierra café	4.6 fuertemente acido	1.04	1.-80.4 2.-13.6 3.-6.0 Areno franca	48.07 Muy alto	26.9 Alta	0.31 Medio	5.38 medio	0.25 normalmente salino.	4.2 medio	1.97 medio	88.2 muy alto	29.4	1.54
Polvilla con estrato de tezontle poco profundo	4.5 Fuertemente acido	1.04	1.- 86.4 2.- 13.6 3.- 0 Areno franca	17.25 Muy alto	13.1 Baja	0.22 Bajo	2.93 bajo	0.25 normalmente salino.	5.5 bajo	1.53 medio	77.7 muy alto	37.6	1.04
Barro rosa	5.3. Moderadamente acido	0.84	1.- 82.0 2.- 0 3.- 18.0 Areno franca	0.11 Muy bajo	39.0 Muy alta	1.06 Alto	2.53 bajo	1.16 normalmente salino	1.5 bajo	1.40 medio	39.9 medio	15.77	5.97
Polvilla arenosa	4.4 Fuertemente acido	1.06	1.- 82.4 2.- 11.6 3.- 6.0 Franco arenosa	10.42 Medio	17.3 media	0.32 Medio	2.35 bajo	0.40 normalmente salino.	7.5 bajo	1.91 medio	71.4 muy alto	28.78	1.34
Polvilla con tezontle	5.6 Moderadamente acido	1.13	1.- 83.4 2.- 12.6 3.- 4.0 Areno franca	8.63 Medio.	12.9 Baja	0.25 Bajo	0.82 muy bajo	0.71 normalmente salino	0.6 bajo	0.95 bajo	277.2 muy alto	21.16	1.41
Polvilla	3.9 Fuertemente acido	0.78	1.- 84.4 2.- 9.6 3.- 6.0 Areno franca	27.39 Muy Alta	24.5 Media	0.15 Bajo	0.98 muy bajo	0.29 normalmente salino	1.5 bajo	0.97 bajo	35.7 medio	9.75	9.75
Polvilla negra con problemas de tuza.	3.8 Fuertemente acido	0.93	1.- 76.4 2.- 17.6 3.- 6.0 Franco arenosa	2.47 Muy bajo	21.9 Media	0.41 Medio	1.21 muy bajo	0.27 normalmente salino.	9.2 bajo	0.85 bajo	170.1 muy alto	12.51	1.34
Polvilla talco	5.2 Moderadamente acido	1.04	1.- 86.4 2.- 9.6 3.- 4.0 Areno franca	9.64 Medio.	17.3 Media	0.16 muy bajo	4.92 bajo	0.29 normalmente salino.	13.1 bajo	1.93 medio	81.9 muy alto	42.20	2.80
Polvilla arenosa con presencia de cascajo amarillo	5.4 Moderadamente acido	1.04	1.- 86.0 2.- 14.0 3.- 0 Areno franca	0.67 Bajo	10 Baja	0.05 muy bajo	0.45 muy bajo	0.29 normalmente salino	1.4 bajo	0.62 bajo	33.6 medio	14.1	6.61

Nota: Da: Densidad aparente; M.O.: Materia orgánica; C.I.C: Capacidad de intercambio catiónico; C.E.: Conductividad eléctrica;%V: Saturación de bases; Fosforo, método de Bray y Kurtz 1.

La baja disponibilidad de P en suelos volcánicos se debe a la alta concentración de materiales amorfos, principales responsables de su secuestro en el suelo, no dejándolo disponible para las plantas. Para los agricultores esto representa un alto costo ya que tienen que aplicar altas cantidades de fertilizantes fosfatados para el adecuado desarrollo de los cultivos.

Respecto al impacto ambiental por la aplicación de los agroquímicos para incrementar la productividad de los cultivos, los mismo agricultores reconocen que no es la mejor opción, ya que han observado que a través del tiempo la demanda de agroquímicos es mayor y no observan mayores resultados, sin embargo consideran que vale la pena continuar con su aplicación ya que al menos garantizan la buena calidad del producto que se ve reflejado en mayores ganancias económicas.

Conclusiones

El campesino visualiza a la fertilidad de sus tierras de manera indirecta a través de la calidad de sus cosechas y de la productividad del cultivo obtenido. Al contrastar la visión del campesino respecto a la fertilidad con los resultados de los indicadores de fertilidad y propiedades de los suelos, estos pueden ser divergentes. Así entonces las tierras con mayor grado de fertilidad para los agricultores son las tierras de Polvilla y las de Clase Barro Rosa las menos fértiles. Para los campesinos de esta zona, el uso de los agroquímicos, aun en usados en exceso, es justificable, ya que bajo su visión su aplicación no incrementa la productividad pero si la calidad del producto, garantizando mayores beneficios económicos.

Bibliografía

Balderas-Plata, M. Á, (2005) *Sorción de metales pesados por materiales amorfos en suelos arcillosos de origen volcánico*, Tesis, Doctorado en Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

CIRENCORFOR. (1989) Requerimientos de clima y suelo. CIREN. Nº 89. p 17.

Infoagro Systems, S.L. 2013. El cultivo de la papa. http://www.infoagro.com/hortalizas/patata.htm. 2013.

Licona-Vargas, A., C. A. Ortiz-Solorio, M. del C. Gutiérrez-Castorena, F. Manzo-Ramos. (2006) "Clasificación Local De Tierras Y Tecnología Del Policultivo Café-Plátano Para Velillo-Sombra en Comunidades Cafetaleras". TERRA Latinoamericana, vol, 24, no.1 (1-7). México: Universidad Autónoma Chapingo.

Martínez M, J.F y C. A. Ortiz_Solorio. (1992) "Cartografía Campesina de tierras en Villa Hidalgo, Zacatecas y su comparación con las cartas edafológicas de INEGI" en *Terra*, vol.10 (140-150). México.

Ortiz-Solorio, C. A, (1999) *Levantamientos Etnoedafologicos*, México, Tesis, Doctorado en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

Ortiz-Solorio, C. A. y M. Del C. Gutiérrez-Castorena. (1999) ""Evaluación Taxonómica de Sistemas Locales de Clasificaciones de tierras", en *Terr Ltinoamericana,* vol. 17. (277-286). México: Universidad Autónoma Chapingo.

Ortiz-Solorio, C. A., M. del C. Gutiérrez-Castorena. y A. Licona-Vargas. (2005) "Contemporary Influence of IndigenousSoil (Land) Classification in México", en *EurasianSoilScience,* vol. 38 Suppl.1, pp. S89-S94.

Soil Survey Saff, 1998. Key tos oil Taxonomy, eight edition, USADA, Natural Resources Conservation Service, U.S Government Printing Office, Washington, D.C.326.

Toledo, V. M. y C. Toledo. (1985), Ecología y autosuficiencia alimentaria, Siglo Veintiuno, México, D.F.

Roman Cortez, Miguel y Guillermo Hurtado. 2002. Guía técnica. Cultivo de la papa. CENTA. San Salvador, El Salvador. 36 p.

Van Reeuwijk, L.P. 1993. Procedures for soilanalysis. Tech. Pap. N°9. 5th ed. ISRIC, Wageningen, Netherlands.

William, B. and C. A. Ortiz-Solorio. (1981) "Middle American Folk Soil Taxonomy, Association of American Geographers". USA, vol 71 no 3 (355-358). México: Universidad Autónoma Chapingo.

MEJORAMIENTO DE VERMICOMPOSTA PARA SUSTRATO EN HORTICULTURA

Campos-Mota L[1]; Flores-Sánchez D[2]

[1]Colegio de Postgraduados Campus Córdoba
[2]Colegio de Postgraduados Campus Montecillo

Autora de contacto: lilian@colpos.mx Carretera Federal Córdoba-Veracruz, Congregación Manuel León, Municipio Amatlán de los Reyes, Veracruz, C.P. 94946 Tel. 271 7166055.

Resumen

Las características físico-químicas y contenido de sustancias húmicas (SH) de la vermicomposta están determinadas por material parental, la actividad de las lombrices y microorganismos. Los residuos orgánicos empleados en la industria de la producción de lombriz de pesca *Dendrobaena veneta* Rosa deberían estar en proporciones tales que permitan tener condiciones adecuadas para que las lombrices no solo tenga un óptimo proceso de vermicomposteo; sino también para que la vermicomposta residual sea apta para su uso en la horticultura. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue mejorar la calidad de la vermicomposta a través de adicionar otros materiales parentales. Se establecieron cinco tratamientos provenientes de dos de medio de crecimiento y tres tipos de alimento para la lombriz de pesca. Los resultados mostraron que las SH, C total, relación C: N, N-NO3, CE y pH fueron afectadas por el tipo de material parental utilizado. Se recomienda el uso de la composta inmadura como material de crecimiento para mejorar la relación C: N y asegurar la calidad agronómica de la vermicomposta.

Palabras clave
Material parental**,** horticultura, *Dendrobaena veneta*

Introducción

Las características físico- químicas y sustancias húmicas de la vermicomposta son afectadas por el material parental original. La actividad de las lombrices composteras determina el tamaño y densidad de partícula, pH, conductividad eléctrica y disponibilidad de nutrientes (Arancon et al., 2005; Elvira et al., 1998; Hidalgo and Harkess, 2002a; Hidalgo and Harkess, 2002b). Además, la actividad microbiológica depende de la relación C:N, pH, temperatura y humedad en el proceso de vermicomposteo; mientras que la humificación por la composición de la materia orgánica (Labrador M., 2001). En general, la cantidad de vermicomposta usada como sustrato para contenedores no es mayor a un 40%. Por ejemplo, la vermicomposta proveniente del lodo de papel molido, residuo de la industria del papel, debe mezclarse con otros sustratos debido a su baja disponibilidad de aire y alta capacidad de retención de agua correlacionadas positivamente con su bajo contenido de materia orgánica (Campos et al. 2009); además de presentar una relación C: N mayor de 30, la cual puede afectar la disponibilidad de nitrógeno para la planta (Campos y Blok, 2010).

Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo el mejorar la calidad de la vermicomposta proveniente del lodo de papel molido, residuo industrial, para su uso como sustrato orgánico en la horticultura.

Hipótesis

Las características físico-químicas y disponibilidad de sustancias húmicas serán afectadas al incrementar la proporción de material parental con mayor disponibilidad de nitrógeno y carbono.

Materiales y métodos

El experimento se estableció en un cuarto iluminado con temperatura controlada de 20ºC durante 10 semanas. Cinco tratamientos fueron establecidos con dos tipos de medio de crecimiento y tres tipos de alimento. Los medios de crecimiento fueron: A) peat oscuro + lodo de papel molido, B) mezcla comercial de peat con suelo (potsoil 4) + corteza. Los materiales para alimento fueron: F1) estiércol bovino + paja de maíz, F2) alimento comercial (una pasta semi-sólida para la industria de lombriz para pesca) hecho con base a lodo de papel molido mezclado con desechos vegetales (bagazo de manzana y jugo de vegetales), y F3) composta inmadura compuesta de un 80% de desechos de cocina, 10% de desechos de restaurantes y oficinas y 10% de residuos de poda de jardines municipales. El material F3 y la paja de maíz fueron secados a temperatura de 40ºC (en una estufa de aire de convección) y molidos a partículas de 2 mm de diámetro. En el caso de los medios de crecimiento, se humedecieron hasta su capacidad de retención de agua. Los materiales para alimento fueron humedecidos hasta ser una pasta semisólida para mezclarse por volumen en los tratamientos finales. Los cinco tratamientos fueron hechos en las siguientes proporciones:

1) A +F2,
2) B + F2,
3) B+ 50%F2 + 50%F3,
4) B + 25%F1 + 55%F2 +20%F3,
5) B + 50%F1 +25%F2 + 25%F3.

Dos kilogramos de lombriz *Dendrobaena veneta* Rosa fueron inoculados sobre 15 l de material de crecimiento (A ó B); adicionando en tres ocasiones 5 l de alimento, en los respectivos tratamientos. Los tratamientos fueron establecidos en cajas de madera cubiertas en su interior por plástico negro (0.80 x 0.62 m con 0.12 de altura y capacidad de 59.5 l). Las lombrices fueron cosechadas a las 7 semanas de inoculadas y las muestras de vermicomposta analizadas a las 3 semanas subsecuentes. El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones (una caja por repetición).

Se realizaron análisis de las características químico-físicas de los materiales parentales originales (Cuadro 1) y vermicompostas. La CE y pH fueron determinados en muestras con una relación 1:5 (8 g de material: 40 ml de agua destilada) sonificadas por 30 minutos a 180 rpm. La disponibilidad de $N\text{-}NO_3$ y $N\text{-}NH_4$ fue determinada en extractos de 0.01m $CaCl_2$ (Houba et al., 2000) mediante un sistema de flujo segmentado (Auto-analyzer II, Technicon). El nitrógeno y carbono total fueron determinados usando el método de Dumas con un analizador de elemento CHN1110 (CE instruments, Milan, Italy). El carbono orgánico disuelto (COD) fue determinado

usando un analizador de carbono orgánico total TOC-VCPH/TOC-VCPN (Shimadzu, Japan). La materia orgánica fue determinada por el método de pérdida por ignición a 500-550ºC por 24 h (Houba et al., 1995). La relación C: N fue calculada a partir del N total y C total.

La extracción de las sustancias húmicas fue realizado con el procedimiento descrito por Muscolo, *et al.* (2007) usando KOH.

Cuadro 1. Características físico-químicas del material parental.

MATERIAL	pH	EC (dS. m^2)	OM (%)	N-NO_3 (mg.kg^{-1})	N-NO_4 (mg.kg^{-1})	Total N (%)	Total C (%)	C:N
Lodo de papel molido + desecho de vegetales	6.9	7.16	44	0.478	12	0.84	31	37
Papel molido+ peat oscuro	7.0	0.51	59	0.63	11.17	0.6	28	50
Potsoil 4+ corteza	5.8	1.14	58	370	226.64	0.7	36	52
Estiércol bovino+paja maíz	9.3	9.11	48	346.64	78.72	1.5	27	18
Composta	7.2	3.61	54	6.102	110.54	1.2	24	21

Las respuestas de las variables se analizaron mediante un ANOVA con el software SPPS; sus medias se compararon con la prueba de Tukey y se correlacionaron con la prueba de Pearson.

Resultados y discusión

El material parental tuvo un efecto significativo en las variables SH, C total, relación C: N, N-NO3, CE y pH (Cuadros 2 y 3). Los tratamientos con estiércol y paja (4 y 5) tuvieron una mayor conductividad eléctrica. No hubo diferencia en cuanto al pH de los tratamientos 1 y 2, en contraste a lo citado por Elvira et al (1996) quien menciona que un pH de 9.2 en lodo de papel molido puede disminuir al mezclarse con otros de pH más bajo y por los efectos del exudado de las lombrices. El contenido de C en el tratamiento 1 se incrementó en un 16%, con respecto a los tratamientos 2, 3 y 4, y un 45% con respecto al tratamiento 5. El mayor contenido de N en los tratamientos 3 y 4, promovió que disminuyera su relación C: N. Esta relación C: N se ubicó fuera del rango aceptable (15-20) para su uso con fines agronómicos (Morais y Queda, 2003). Lo cual puede estar asociado a la alta relación C: N de los materiales base de crecimiento de 50 y 54, para papel molido + peat oscuro (A) y potsoil 4 + corteza (B) respectivamente (Cuadro 1), mismas que fueron superiores al rango óptimo (25-35) para iniciar el proceso de vermicomposteo (Sánchez et al., 2008). Esto indica que se deben hacer adecuaciones de los

materiales base de crecimiento, e.g. composta inmadura-F3 cuyo relación C: N es de 21, para obtener una vermicomposta de calidad como sustrato o medio de cultivo de plantas (Suthar, 2010).

Cuadro 2. Efecto del material parental en el contenido de sustancias húmicas (SH), materia orgánica (MO), nitrógeno total (NT), carbono total (CT) y relación carbono nitrógeno (C:N) en las propiedades de la vermicomposta.

TRATAMIENTO	SH (mg kg^{-1})	MO (%)	C total (%)	N total (%)	C:N
1 (A + F2)	0.378 b	45 a	29 a	0.8 a	35 a
2 (B + F2)	0.2731 b	41 a	25 ab	0.8 a	32 a
3 (B + 50% F2 + 50% F3)	0.5473 a	45 a	24 ab	1.0 a	24 b
4 (B + 25% F1 + 55% F2 +20% F3)	0.3385 b	43 a	24 ab	1.0 a	24 b
5 (B + 50% F1 + 25% F2 + 25% F3)	NA	46 a	16 b	0.7 a	37 a

Letras diferentes indican diferencia estadística $P < 0.05$
NA: no analizado

Cuadro 3. Efecto del material parental en el contenido de nitrato (NO_3), amonio (NH_4), carbón orgánico disuelto (COD), conductividad eléctrica (CE) y pH en las propiedades de la vermicomposta.

TRATAMIENTO	NO_3 (mg kg^{-1})	NH_4 (mg kg^{-1})	COD (mg kg^{-1})	CE (dS. m^2)	Ph
1 (A + F2)	579 ab	15 a	1397 a	1.8 c	7.4 b
2 (B + F2)	1107 ab	19 a	1131 a	2.3 bc	7.2 b
3 (B + 50% F2 + 50% F3)	405 ab	15.5 a	1500 a	2.8 b	7.4 b
4 (B + 25% F1 + 55% F2 +20% F3)	1455 a	19 a	1592 a	4.5 a	7.2 b
5 (B + 50% F1 + 25% F2 + 25% F3)	384 b	15 a	1590 a	5.0 a	8.2 a

Letras diferentes indican diferencia estadística $P < 0.05$.

Hubo una correlación del 60% entre el N total y el contenido de sustancias húmicas (Figura 1). La mezcla de residuos orgánicos del tratamiento 3 promovieron un incremento en el contenido de sustancias húmicas. Esto puede ser atribuido a un mayor contenido de lignina (Guggenberg, 1994, Labrador 2001) al incrementarse en un 50% el volumen de composta con residuos de poda de árboles.

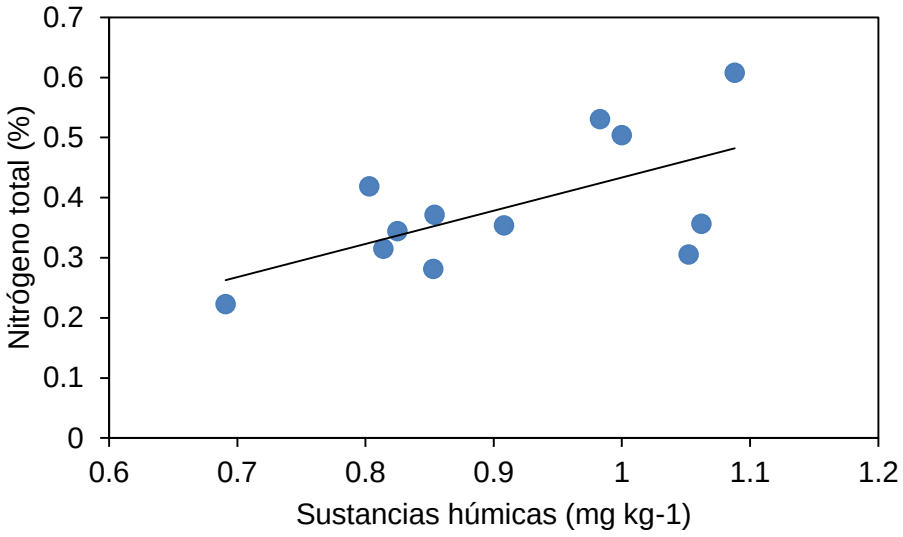


Figura 1. Correlación del contenido de N total y cantidad de sustancias húmicas.

En conclusión, las características físico-químicas y contenido de sustancias húmicas de la vermicomposta son afectadas por el tipo de material parental y sus proporciones en los materiales de crecimiento y alimento. Se recomienda el uso de la composta inmadura como material de crecimiento para mejorar la relación C: N y asegurar la calidad agronómica de la vermicomposta.

Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por el Colegio de Postgraduados y realizada en la Universidad de Wageningen, Paises Bajos durante una estancia de investigación, 2008.

Bibliografía

Arancon, N.Q., C.A. Edwards, P. Bierman, J.D. Metzger, and C. Lucht. 2005. Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. Pedobiologia 49:297-306.

Campos-Mota L., C. Blok. 2010. Quality of vermicompost from paper mil sludge and vegetable wastes to be used for potting media in the Netherlands. en memorias 2nd International Conference on Hazardous and Industrial Waste Management Crete 2010 5-8 de octubre Creta Grecia.

Campos Mota, L., U. van Meeteren, and C. Blok. 2009. Comparison of the physical properties of vermicompost from paper mill sludge and green compost as substitutes for peat-based potting media. Acta Hort. (ISHS) 819:227-234 http://www.actahort.org/books/819/819_25.htm.

Elvira, C., L. Sampedro, E. Benitez, and R. Nogales. 1998. Vermicomposting of sludges from paper mill and dairy industries with Eisenia andrei: A pilot-scale study. Bioresource Technology 63:205-211.

Elvira, C., Sampedro L., Domínguez, J. y Mato, S. 1996. Vermicomposting of wastewater sludge from paper pulp industry with nitrogen rich materials. Soil Biol. Biochem. 29:759-762.

Guggenberger G., B. T. Christenson and W. Zech. 1994. Land- use effects on the composition of organic matter in particle- size separates of soil: I. Lignin and carbohydrate signature. Eur. Jou. of Soil Sci. 45:449-458.

Hidalgo, P. R., and R. L. Harkess. 2002a. Earthworm castings as a substrate amendment for chrysanthemum production. HortScience 37:1035-1039.

Hidalgo, P. R., and R. L. Harkess. 2002b. Earthworm castings as a substrate for poinsettia production. HortScience 37:304-308.

Houba, V. J. G., E. J. M. Temminghoff, G. A. Gaikhorst, W.van Vark. 2000. Soil analysis procedures using 0.01 M calcium chloride as extraction reagent. Commun. Soil sci. plant anal. 31(9-10), 1299-1396.

Houba V. J. G., J. J.van Der Lee, I. Novozamsky. 1995. Part 5B soil analysis procedures. Other procedures. Soil and plant analysis. A series of syllabi. Sixth edition. Department of soil science and plant nutrition. Wageningen Agricultural University, 45 pp.

Labrador M., J. 2001. La materia orgánica en los agrosistemas. second edition ed. Ediciones Mundi-Prensa.

Morais, F. M. C. y C. A. C. Queda. 2003. Study of storage influence on evolution of stability and maturity properties of MSW composts. In: Proceeding of the fourth International Conference of ORBIT association on Biological Processing of Organics: Advances for a Sustainable Society part II Perth, Australia.

Muscolo A., M. Sidari, O. Francioso, V. Tugnoli, S. Nardi. 2007. The Auxin-like activity of humic substances is related to membrana interactions in carrot cell cultures. J. Chem. Ecol. 33:115-129.

Sánchez, E.J., M. N. Rodríguez, , C. V. Sánchez , F. Fernández. 2008. Abonos orgánicos. Ediciones papiro Omega. México, D.F. 139 p.

Suthar, S. 2010. Recycling of agro-industrial sludge through vermitechnology. *Ecol. Eng.* 36, 1028-1036.

USO DEL MÉTODO DE ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES PARA LA EVALUACIÓN DE SUELOS MECANIZABLES EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Cano-González, A[1*]; Uzcanga-Pérez, NG[2]; Aguilar-Duarte, Y[1]; Ramírez-Silva, JH[1]; Tun-Dzul, J[2]

[1]INIFAP, Centro de Investigación Regional Sureste. Mérida, Yucatán. México.
[2]INIFAP, C.E Mocochá. Mocochá, Yucatán. México.

*Autor responsable: cano.alejandro@inifap.gob.mx; Calle 6 Núm. 398 por 13 Av. Correa Rachó, Col. Díaz Ordaz, C.P. 97130, Mérida Yucatán, México; Tel. 01-800-088-2222 ext. 88517.

Resumen

El trabajo se realizó en la península de Yucatán en 49 sitios mecanizables de superficies mayores a 10 ha, donde se colectaron 441 muestras de suelo que fueron analizadas en el Laboratorio de suelos del Campo Experimental Edzna del INIFAP en el estado de Campeche. Se clasificaron las variables físicas y químicas para realizar el análisis factorial y extraer los componentes principales por clase de suelo (Ak´al ché y K´an kab) que expliquen el mayor porcentaje de la variabilidad. Las variables físicas por clase de suelo se agruparon en un componente, en el cual; la capacidad de campo y punto de marchites permanente fueron variables de peso en cada uno, sin embargo el porcentaje de arcilla obtuvo mayor carga significativa en suelo Ak´al ché y carga baja en suelo K´an kab. Las variables químicas presentaron diferencias en el número y composición de los componentes extraídos por clase de suelo. Para suelos K´an kab las variables de mayor correlación con cada uno de sus componentes fueron Capacidad de intercambio catiónico (0.976), Fierro (881), Nitratos (0.803), Potasio (-0.884) y Zinc (0.740) correspondientes al componente 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente. Para suelo Ak´al ché fue Capacidad de intercambio catiónico (0.921), conductividad eléctrica (0.823) y Potasio (0.823), Cobre (0.840) y Fosforo (0.832) para componente 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

Palabras clave
Componentes principales; Península de Yucatán; Análisis de suelo

Introducción

Los suelos mecanizables de la península de Yucatán (Luvisoles y Vertisoles), representan una superficie de 3'206,133 hectáreas (IUSS, 2007) y sus características físicas y químicas son similares a los de otras regiones del país; sin embargo, su comportamiento productivo no corresponde a las diagnosticadas mediante el empleo de los análisis de suelos. Por ejemplo, los Luvisoles crómicos presentan altos contenidos de arcilla, pero su comportamiento hidráulico y la capacidad de intercambio catiónico corresponden a las de un suelo arenoso (Bautista y Palacios, 2005). Además, los altos contenidos de materia orgánica reportados en los análisis químicos son muy variables y se reducen drásticamente en un lapso de tiempo muy corto, demostrando poca estabilidad en su fertilidad y productividad, condición común en zonas

tropicales y sub tropicales del país en contraste con las zonas templadas en donde la actividad microbiana se detiene por las temperaturas.

La edafogénesis, sintetizada por los factores formadores y la alta heterogeneidad del paisaje peninsular, ha originado una alta diversidad edáfica, a tal grado que los cambios de unidades de suelo, pueden ser encontrados a distancias cortas de unos cuantos metros (Bautista y Palacios, 2005., Diaz et., al 2005).

El uso del Análisis de Componentes Principales (ACP) en variables de suelos permite comprender mejor la estructura de correlación existente entre las variables, en este caso, químicas y físicas del suelo y establecer hipótesis sobre la interrelación existente entre las mismas (Chatfield y Collins,1980).

El ACP ha sido utilizado en otros estudios de suelos agrícolas por ejemplo: Zarazúa *et al*. (2007) Evaluó la variabilidad espacial del ph del suelo en tres parcelas agrícolas; Jaramillo *et al. (*2011) utilizó el análisis de componentes principales y de semivarianza para seleccionar variables físicas que explicaran la variabilidad de un suelo aluvial, y establecer el comportamiento espacial de las variables seleccionadas; Oliveira *et al. (*2012) Evaluó la distribución temporal y espacial de los parámetros de fertilidad del suelo durante el ciclo agrícola de la fresa; y Alarcón *et al*. (2014) identificó zonas de manejo en un cultivo de maíz y verificó su relación con algunos atributos físicos, incluidos resistencia a la penetración, porosidad total, macroporos, mesoporos, microporos, contenido de agua, densidad aparente, densidad real,conductividad hidráulica saturada, contenidos de arena, limo y arcilla, en un Oxisol de los Llanos Orientales de Colombia.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la variabilidad química y física de los suelos mecanizables de la Península de Yucatán bajo la hipótesis de que presentan heterogeneidad espacial.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en la Península de Yucatán durante el ciclo primavera verano 2013 en 49 sitios mecanizables de superficies mayores a 10 ha, distribuidos: 17 en Campeche, 15 en Yucatán y 17 en Quintana Roo. Los suelos predominantes de la zona son los Vertisoles y L*uvisol rodico.* En los cuales se siembra Maíz de temporal (primavera-verano) continuamente. En cada uno de estos sitios se realizó un Muestreo Bidimensional Sistematizado (MBS). El MBS consiste en establecer una malla rectangular de 160 x 160 metros, para 20 ha. En cada cuadrante se georeferenció y tomó una muestra de forma aleatoria en alguno de los 12 subcuadrantes de 40 x 40 metros. Tomando nueve muestras por sitio a una profundidad de 0-30 centímetros. En total se colectaron 441 muestras de suelo que fueron analizadas en el Laboratorio de suelos del Campo Experimental Edzna del INIFAP en el estado de Campeche, mediante la metodología de Álvarez y Marín, (2011) la cual se fundamenta en la NOM-021-RECNAT-2000.

Tomando en cuenta la importancia del parámetro para la producción de maíz se considera para el ACP las variables físicas (% Arcilla, %C.C. y P.M.P.) y químicas (PH, MO, CE, N-NO3, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe y Zn) de los sitios muestreados, se utilizó una técnica de análisis multivariante para la reducción de dimensión de las variables cuantitativas (De la Garza *et al*.

2013), utilizando el paquete estadístico Predictive Analytical Software and Solut (PASS) versión 22.

Para la extracción de los factores se utilizó el método de componentes principales del análisis factorial de acuerdo a la clasificación maya de los suelos (Bautista, 2005). Con éste análisis se calcularon los estadísticos descriptivos, las comunalidades iniciales, los autovalores y el porcentaje de varianza explicada. El método de rotación empleado fue Varimax con normalización Kaiser.

Resultados y Discusión

El análisis de componentes principales de variables físicas por clase de suelo extrajo para cada uno, un componente con autovalores por encima de uno, 1.97 para suelos K´an kab y 2.14 para suelos Ak´al ché. El componente (K´an kab) explica el 65.63% de la varianza total y el componente (Ak´al ché) explica el 71.22% de la varianza (Cuadro 1).

Cuadro 1. Varianza total explicada por componente de variables físicas por clase de suelo maya.

Componente *	Sumas de extracción de cargas al cuadrado			Componente **	Sumas de extracción de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado		Total	% de varianza	% acumulado
1	1.97	65.63	65.63	1	2.14	71.22	71.22

* K´an kab /** Ak´al ché

Siguiendo las recomendaciones para identificar que variables se agrupan en cada componente (factor), se seleccionaron las variables que tuvieran cargas altas en un factor y bajas en los otros (valores menores a 0.25 suelen considerarse bajos) (Pérez, 2009). Para suelos K´an kab el componente se integró linealmente por las siguientes variables $C_{1fisicas/\ K´an\ kab}$ =0.980 C.C.+0.978 P.M.P. El segundo componente se expresó $C_{1fisicas/Ak´al\ \ che}$=0.617 arcilla +0.928 C.C +0.946 P.M.P. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Matriz de componentes de variables físicas por clase de suelo maya.

Componente*	1	Componente**	1
Arcilla (%)	.228		.617
C.C. (Capacidad de campo en %)	.980		.928
P.M.P. (Punto de marchitez permanente en %)	.978		.946

* K´an kab / ** Ak´al ché

Los resultados del análisis de variables químicas del suelo K´an kab arrojaron cinco componentes principales que explican el 72.87% de la varianza de los datos. Para suelos Ak´al ché se extrajeron cuatro componentes con un 74.00% de la varianza acumulada (Cuadro 3).

Cuadro 3. Varianza total explicada por componente de variables químicas por clase de suelo maya.

Componente *	Sumas de extracción de cargas al cuadrado			Componente **	Sumas de extracción de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado		Total	% de varianza	% acumulado
1	3.07	25.62	25.62	1	3.42	28.48	28.48
2	2.11	17.62	43.24	2	2.81	23.43	51.91
3	1.36	11.32	54.56	3	1.50	12.53	64.44
4	1.19	9.88	64.44	4	1.15	9.56	74.00
5	1.01	8.43	72.87				

* K´an kab/** Ak´al ché

La matriz de componentes rotados para suelos K´an kab permitió identificar las variables significativas de acuerdo a la carga de cada una. Estas se representan en las siguientes ecuaciones $C1_{\text{quimicas/ K´an kab}}$ =0.609 P +0.944 Ca+0.802 Mg+0.976 C.I.C; $C2_{\text{quimicas/ K´an kab}}$ =0.848 Cu+0.881 Fe; $C3_{\text{quimicas/ K´an kab}}$ =0.776 M.O. + 0.803 Nitratos; $C4_{\text{quimicas/ K´an kab}}$ =0.658 pH-0.884 K; $C5_{\text{quimicas/ K´an kab}}$ =0.668 C.E+0.418 P+0.740 Zn (Cuadro 4).

Cuadro 4. Matriz de componentes rotados de variables químicas para suelos K´an kab.

Variables	1	2	3	4	5
pH	.217	-.417	.023	.658	.191
C.E. (Conductividad electrica en mmhos/cm)	.104	-.281	.341	.079	.668
M.O. (Materia orgánica en %)	-.079	-.044	.776	.102	-.084
Nitratos (ppm)	.041	-.073	.803	-.062	.180
P (Fosforo en ppm)	.609	-.055	-.064	.188	.418
K (Potasio en Meq/100gr)	.041	-.177	-.039	-.884	.051
Ca (Calcio en Meq/100gr)	.944	-.002	.028	.057	-.036
Mg (Magnesio en Meq/100gr)	.802	.094	-.036	-.033	.064
Cu (Cobre ppm)	.115	.848	-.178	-.013	.102
Fe (Fierro en ppm)	.018	.881	.024	.023	-.018
Zn (Zinc en ppm)	.004	.239	-.071	-.023	.740
C.I.C. (Capacidad de intercabio cationico en meq/100gr)	.976	.038	.001	.006	-.014

Método de extracción: análisis de componentes principales.
* Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.
La rotación ha convergido en seis iteraciones.

Para el caso de las variables químicas de suelos Ak´al ché las variables de significancia se muestran en la matriz de componentes rotados, presentadas en las siguientes ecuaciones: $C1_{\text{quimicas/ Ak´al ché}}$ = 0.734 pH+0.908 Ca-0.739 Fe+0.921 C.I.C.; $C2_{\text{quimicas/ Ak´al ché}}$ =0.823 C.E+0.751 M.O.+0.786 Nitratos+0.823 K; $C_{3\ \text{quimicas/ Ak´al ché}}$ =0.840 Cu+0.814 Zn; $C4_{\text{quimicas/ Ak´al ché}}$ =0.832 P+0.551 Mg (Cuadro 5).

Cuadro 5. Matriz de componentes rotados de variables químicas para suelos Ak´al ché

Variables	1	2	3	4
pH	.734	.193	-.156	-.490
C.E. (Conductividad electrica en mmhos/cm)	.122	.823	-.013	-.080
M.O. (Materia orgánica en %)	-.167	.751	.156	-.215
Nitratos (ppm)	.034	.786	-.293	-.075
P (Fosforo en ppm)	-.074	-.075	-.124	.832
K (Potasio en Meq/100gr)	.259	.823	.046	.025
Ca (Calcio en Meq/100gr)	.908	.025	-.099	.174
Mg (Magnesio en Meq/100gr)	.367	-.455	.083	.551
Cu (Cobre ppm)	.031	-.060	.840	-.076
Fe (Fierro en ppm)	-.739	-.065	.002	.317
Zn (Zinc en ppm)	-.189	.018	.814	.000
C.I.C. (Capacidad de intercabio cationico en meq/100gr)	.921	.030	-.058	.255

Método de extracción: análisis de componentes principales.
* Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.
La rotación ha convergido en cinco iteraciones.

Conclusiones

Los suelos de la Península de Yucatán presentan un heterogeneidad espacial y esta se comporta diferencialmente tanto para el tipo de variable (física y química) como para el tipo de suelo (Ak´al ché y K´an kab).

El ACP utilizados para explicar y conocer el comportamiento de la heterogeneidad de los suelos es una herramienta factible capaz de explicar las variables físicas o químicas de mayor peso, permitiendo concentrar esfuerzos de manejo en las variables que estén impactando más en el comportamiento del suelo en la zona de estudio.

El porcentaje de arcilla obtuvo mayor peso en suelo Ak´al ché, no para suelos K´an kab donde esta variable tuvo una peso bajo. La capacidad de campo y punto de marchitez son variables significativas para ambos componentes sin importar la clase de suelo. No obstante, las variables químicas presentaron diferencias tanto en el número de componentes extraídos como en su composición y peso de cada una.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los fondos fiscales del INIFAP por el financiamiento del proyecto 060103F Manejo Integral de la Heterogeneidad de los Suelos Mecanizables en la Península de Yucatán de donde se derivó la presente publicación.

Bibliografía

Álvarez-Sánchez M. E., Marín-Campos A. 2011. Manual de procedimientos analíticos de suelo y planta Laboratorio de Química, Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.

Bautista, F. y G. Palacio (Eds.) 2005. Caracterización y Manejo de los suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones Agropecuarias, Forestales y Ambientales. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán, Instituto Nacional de Ecología. 282 p.

Chatfield, C. and Collins, A. J.1980. Introduction to Multivariate analysis. Chapman and Hall. New York. 246 p.

De la Garza, G.J., Morales, S.B. y González, C.B. 2013. Análisis estadístico multivariante. Un enfoque teórico y practivo. Mc Graw Hill. México, D.F. Capítulo 4. 395-473pp.

Díaz-Garrido, S., F. Bautista, C. Delgado y M. Castillo-González. 2005. Mapas parcelarios de suelos en Mérida, Yucatán México, p. 145 – 158. En: F. Bautista y G. Palacio (Eds.) Caracterización y Manejo de los suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones Agropecuarias, Forestales y Ambientales. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán, Instituto Nacional de Ecología. 282 p.

Gláucia Oliveira Islabão, Marília Alves Brito Pinto, Lisiane Priscila Roldão Selau, Ledemar Carlos Vahl & Luís Carlos Timm. 2012. Characterization of soil chemical properties of strawberry fields using principal component analysis. R. Bras. Ci. Solo, 37:168-176.

IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.

Jaramillo Jaramillo, D. F; María Luisa Anaya Gómez, Carlos Andrés Restrepo Moná, Hugo Alberto González Sánchez y Fernando Álvarez Mejía. 2011. Variables físicas que explican la variabilidad de suelo aluvial y su comportamiento espacial. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.46, n.12, p.1707-1715, dez.

Uzcanga Pérez, Nelda, Cano González Alejandro, Ramírez Silva Jorge, Tun Dzul José. 2014. Impacto económico del cultivo de maíz de temporal en la Península de Yucatán. XVII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Instituto de Ciencias Agrícolas-UABC. Mexicali, Baja California, México.

Zarazúa-Villaseñor, Patricia;González-Eguiarte, Diego R.;Nuño-Romero, Ricardo;RuizCorral, José Ariel;Torres-Morán, José Pablo. 2007. Variabilidad espacial del pH del suelo en tres parcelas agrícolas TERRA Latinoamericana, Vol. 25, Núm. 2, pp. 203-210 Universidad Autónoma Chapingo México.

NUTRIENTES Y SALINIDAD EN SUELOS TRATADOS CON BIOSOLIDOS E IRRIGADOS CON AGUA RESIDUAL

Flores-Margez JP [1*]; Ramos-Tena, LP[1]; Corral-Díaz, B[1]; Osuna-Ávila, P[1]; Olivas-Enríquez, E[1]; Flores-Arras, AI[2]

[1]Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, docentes e investigadores, Ciudad Juárez, Chihuahua. México
[2] Servicios Agropecuarios Paso del Norte S.C., Ciudad Juárez, Chihuahua. México.

[*] Autor de contacto: Juflores@uacj.mx; floresmargez@hotmail.com; Av. Plutarco E. Calles, 1210, Col. Fovissste Chamizal, Ciudad Juárez, Chihuahua, México, C.P. 32310. Tel. +52 (656)-395-9420.

Resumen

El reciclaje de biosolidos como fertilizante orgánico y mejorador de suelos continúa como un reto técnico de transferir la tecnología a los productores agrícolas en México. En este estudio se determinó el efecto de los biosólidos en la disponibilidad de nitrógeno y fosforo, así como en la productividad del cultivo de algodonero con el enfoque de la reducción de costos utilizados en los fertilizantes químicos. Se evaluaron dos parcelas de 5 ha en dos municipios del Valle de Juárez, Chihuahua, en las cuales se aplicaron biosólidos en 4 ha y el control de 1 ha con fertilizante. Las diferencias en rendimiento de algodón no fueron significativas entre los tratamientos biosólidos y control ($p>0.05$). La salinidad y alcalinidad del suelo no fueron diferentes significativamente entre los tratamientos. La concentración de $N\text{-}NO_3$ fue mayor en el suelo con biosólidos a lo largo del ciclo de cultivo en la profundidad 0 a 30 cm, mientras que la concentración de fosforo fue mayor en el control con fertilizante inorgánico. El contenido de NTK del suelo fue mayor en el tratamiento con biosólidos en el sitio rancho universitario-UACJ, mientras que en el sitio San Isidro fue mayor en el control, lo que se atribuyó a que este suelo fue tratado con estiércol el año anterior a este estudio. En los dos sitios de evaluación se observó que la concentración de N, P y NTK fue mayor en la profundidad 0 a 30 cm que en la 30 a 60 cm. La rentabilidad del cultivo de algodonero fue mejor en el tratamiento de biosolidos debido al ahorro del fertilizante.

Palabras clave
Nitrógeno; fosforo; algodonero

Introducción

El Programa Frontera 2020 de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA) está impulsando la gestión integral de materiales, la gestión de residuos y la limpieza de sitios, entre los que destacan los residuos especiales como el lodo de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), en especial usos productivos para los lodos o biosólidos en la región del Valle de Juárez, Chihuahua, frontera con El Paso, Texas. (http://www2.epa.gov/border2020). Las dos principales PTAR en Ciudad Juárez, Chihuahua trataron 91 millones de metros cúbicos de aguas negras en 2012 y generaron 105 mil metros cúbicos de biosólidos digestados anaeróbicamente, los cuales tienen 80% de humedad y son tratados con 4% de cal. La disposición de estos residuos ha sido tanto al relleno sanitario municipal como a un terreno de confinamiento cercano al sur de la ciudad (Flores et al., 2010).

Aunque en México se cuenta con la legislación apropiada para los biosolidos (Semarnat, 2002), el problema del almacenamiento de estos residuos en lugares no apropiados o acondicionados como en este caso y para estos propósitos, ha sido ampliamente documentado por la US-EPA, en el sentido de que pueden ocurrir lixiviados que contaminen el acuífero, la atracción de vectores de enfermedades como roedores y perros u otras mascotas sin control que pueden diseminar plagas y enfermedades existentes en estos residuos, así como la dispersión de partículas al aire y malos olores, lo cual es común en esta región por la ocurrencia de tolvaneras intensas que afectan la salud de dos millones de habitantes en la Región Paso del Norte (Flores et al., 2007). Una de las alternativas de solución al manejo y disposición de lodos residuales o biosólidos utilizadas en los Estados Unidos y muchos países del mundo, ha sido el uso de biosólidos como fertilizante orgánico y mejorador de suelos agrícolas, lo cual permite reciclar los nutrientes y materiales orgánicos en un sistema natural con beneficios ambientales y económicos. No obstante los estudios realizados en el Valle de Juárez, Chih., donde se ha demostrado la factibilidad del reciclaje natural de biosólidos y contribuir a la solución del problema, el esfuerzo realizado no ha sido suficiente (Figueroa et al., 2010; Flores et al., 2010), ya que ha sido solicitado la demostración a nivel comercial para reciclar los biosólidos. El objetivo del estudio fue evaluar y fomentar a nivel extensivo entre los productores agrícolas y la ciudadanía, las ventajas productivas, económicas y ambientales de llevar a cabo aplicaciones de biosólidos en suelos agrícolas.

Materiales y Métodos

Se seleccionaron dos parcelas de 5 ha, los biosólidos se aplicaron en 4 ha y se dejó 1 ha como control con fertilizante. Las parcelas se situaron en el Ejido San Isidro en el municipio de Juárez, Chih. y en el rancho universitario- UACJ en el municipio de Praxedis G. Gro., Chih., a 20 y 65 km, respectivamente de Ciudad Juárez. En la parcela del rancho San Isidro se añadieron 20.87 t ha^{-1} de biosólidos en base húmeda que equivalen a 4.17 t ha^{-1} en base seca, las cuales aportaron 224 Kg ha^{-1} de $N\text{-}NO_3$. En la parcela del rancho Universitario se añadieron 26.23 t ha^{-1} de biosólidos en base húmeda que equivalen a 5.25 t ha^{-1} en base seca, las cuales aportaron 294 Kg de $N\text{-}NO_3$ ha^{-1}. El muestreo de suelo consistió en tres muestras compuestas de 10 sub-muestras simples cada una por parcela a profundidades de 0 a 30 y 30 a 60 cm antes de aplicar los biosólidos y la misma cantidad de muestras de 0 a 30 cm durante los riegos y después la cosecha del cultivo de algodonero. La variable agronómica registrada fue rendimiento de fibra de algodonero. Los parámetros que se analizaron en el suelo fueron: pH, conductividad eléctrica, nitrógeno inorgánico, nitrógeno total y fósforo (Aguilar et al., 1987). A los datos obtenidos se realizaron análisis de varianza y pruebas de promedios Tukey mediante el programa SPSS versión 19.0.

Resultados y Discusión

La salinidad del suelo con la aplicación de biosolidos no fue diferente significativamente entre tratamientos y profundidades de suelo ($p>0.05$), pero si se detectó diferencia entre sitios o parcelas ($p<0.05$) donde el sitio UACJ fue mayor en salinidad (Fig. 1). El análisis de pH en promedio se mantuvo arriba de 7.0 mostrando una tendencia alcalina para todas las muestras, lo cual es evidente en estos suelos de zonas áridas, pero no se detectó diferencia significativa entre sitios ($p<0.1$). El analisis de rendimiento comercial de algodón para la parcela del rancho universitario-UACJ mostro una diferencia de 56 kg ha^{-1} a favor del tratamiento control que incluyo fertilizante inorgánico, lo cual mostro la ventaja economica de ahorrar en fertilizante.

Los promedios de N inorgánico a lo largo del ciclo de cultivo de algodonero fueron ligeramente superiores en el tratamiento con biosolidos para la profundidad 0 a 30 cm (Fig. 2).

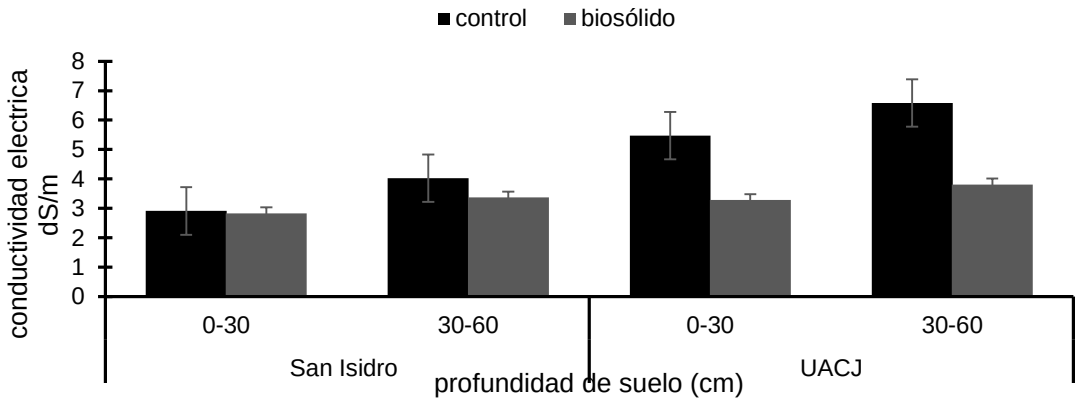


Figura 1. Promedios de conductividad eléctrica del suelo para los distintos sitios, profundidades y tratamientos evaluados.

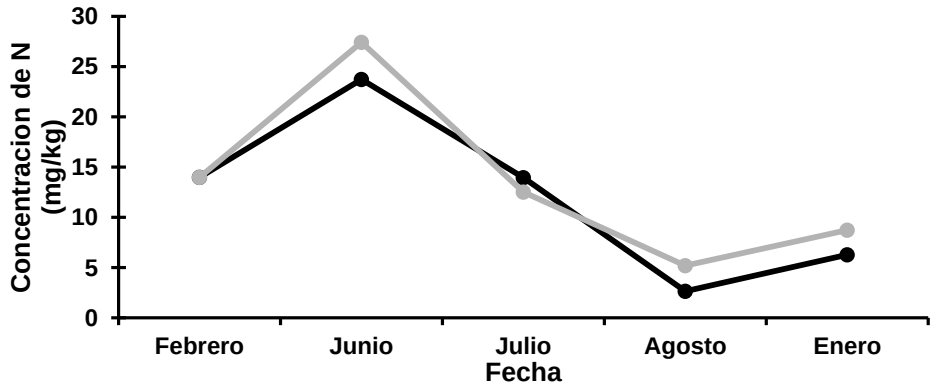


Figura 2. Concentraciones de N inorgánico ($N\text{-}NO_3$) del suelo en la profundidad 0 a 30 cm para los tratamientos: control con fertilizante (línea negra); y biosólidos (línea gris), en el rancho San Isidro.

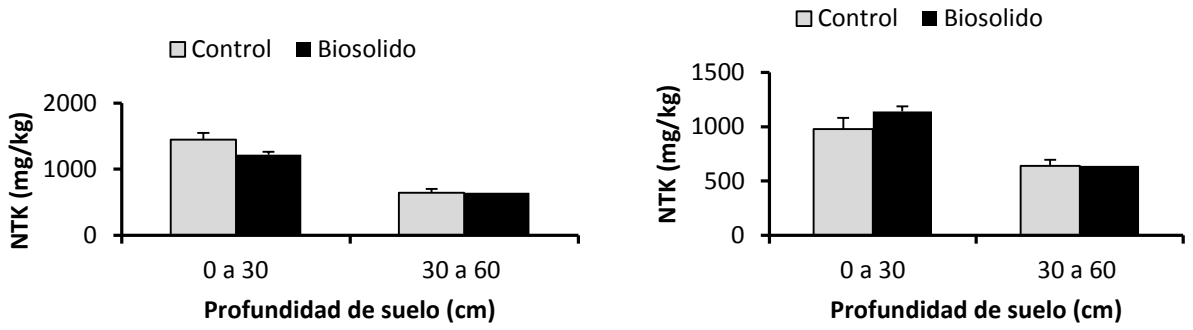


Figura 3. Promedios de las concentraciones de nitrógeno total para los tratamientos en dos profundidades de suelo en la parcela del Rancho de San Isidro (izq.) y en rancho universitario-UACJ (der.).

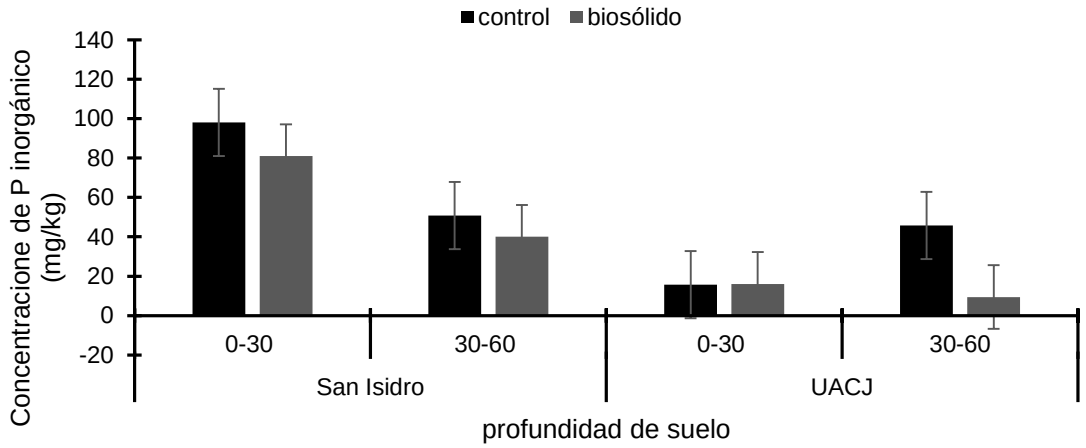


Figura 4. Promedios de las concentraciones de fosforo inorgánico para los tratamientos en dos profundidades de suelo la parcela del Rancho de San Isidro (izq.) y en rancho universitario-UACJ (der.).

Con respecto al contenido de N total Kjeldhal (NTK) del suelo, se detectó un aumento en el tratamiento con biosolidos en el sitio del rancho universitario-UACJ para la profundidad 0 a 30 cm, mientras que para el sitio San Isidro no se logró detectar en los análisis de suelo está la diferencia (Fig. 3). La concentración de fosforo del suelo no fue significativa entre tratamientos (Fig. 4), quizás en el sitio San Isidro se observa mayor debido a la aplicación de estiércol el año anterior a este estudio. La textura de suelo vario entre sitios, el manejo previo de cada parcela y el tipo de agua de riego son factores que influyeron en los dos sitios o parcelas de evaluación de este estudio. El transferir a los productores agrícolas la utilización de biosólidos en suelos agrícolas apoya el mejoramiento de suelos y reduce los sitios de confinamiento de biosolidos con riesgos de contaminación.

Conclusiones

La aplicación de biosolidos en suelos agrícolas de diferente textura y manejo permitió obtener rendimientos agronómicos significativamente igual que con fertilizante químico, pero con la ventaja de aumentar la disponibilidad de nitrógeno y fosforo, así como sin afectar la salinidad y alcalinidad del suelo. La disponibilidad de nutrientes de las dos parcelas se vio afectada por el agua de riego utilizada y el manejo previo, ya que en la parcela del Ejido San Isidro fue agua residual, mientras que para el rancho Universitario fue agua de pozo y mezclas con agua residual. Este estudio presento la ventaja de transferir a los productores agrícolas el uso de biosólidos como fertilizante orgánico que brinda el mismo rendimiento agronómico que utilizar fertilizantes, lo que apoya el ahorro en el uso de fertilizantes químicos.

Agradecimientos

A la U.S. Environmental Protection Agency (US-EPA) Border 2020 Grant Program y a la Comisión para la Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF) por el apoyo financiero del proyecto. "Aplicación de Biosolidos en Suelos Agrícolas del Valle de Juárez, Chihuahua". Gracias a los productores agrícolas participantes en las parcelas demostrativas de biosolidos en el Valle de Juárez, Chihuahua.

Bibliografía

Aguilar, A., J.D. Etchevers, y J. Castellanos Z. 1987. Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. 1ª. Edición. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. México, D.F. 215 p.

Figueroa U., M. A. Flores O., M. Palomo R, B. Corral D. y J.P. Flores M. 2010. Uso de biosólidos estabilizados con cal como fertilizante orgánico en algodonero para el Valle de Juárez, Chihuahua. Ciencia en la Frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ, Vol. VIII, Núm. 1.

Flores, M.J.P., M.Z. Poncio A., E. Salas G., F. Pérez C., A. Y. Corral A. y H. I. Trejo E. 2010. Mineralización de nitrógeno de biosolidos estabilizados con cal. Terra Latinoamericana. 28: 307-317.

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

Flores, M.J.P., E. Jaramillo L., N. Assadian W., G. Di Giovanni, F. Perez C., M. K. Shukla. 2013. Heavy metals in oat and soil treated with lime-stabilized biosolids and reclaimed wastewater. J. Environ. Anal. Toxicol.: 2013, S6 http://dx.doi.org/10.4172/2161-0525.S6-001.

Programa Frontera 2020. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA). (http://www2.epa.gov/border2020.

SEMARNAT. 2002. Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-004-ECOL-2001, Protección ambiental.-Lodos y biosólidos.-Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. México D.F.

FRACCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA EN ULTISOL BAJO EL USO DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN AGROFORESTERIA

Freitas Iwata, B[1*]; Cristina Gomes Costa, M[2]; Ambrósio Araújo Filho, J[3]; Carvalho Leite LF, Silva Lima, P[2]; Gutier Ailan Costa, T[3]; Souza Lago, A[4]; Barbosa Santos, R[5]; Vogado Coelho, J[6]

[1,2,3,4,5,6] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Corrente. Corrente, Piauí. Brasil. *iwata@ifpi.edu.br; Rua 6, Bairro Nova Corrente, Corrente, Piauí. Brasil. CP 64.980-000; Tel. +55(89)9940-7211

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de residuos orgánicos en los aleias en un sistema agroforestal administrado con y sin fuego sobre el cambio en las existencias de carbono, y sus fracciones físicas y la sensibilidad de estas fracciones de SOM en relación con la gestión. El estudio se realizó en Bela Cruz, Ceará, Brasil, a través de experimento en el que se adoptó en un diseño de parcelas divididas con cuatro repeticiones. En las parcelas se evaluó el factor de "fuego" (con fuego y sin fuego), mientras que las subparcelas fue clasificado el factor de "residuos orgánicos" en los aleias: aislados gliricidia - AG, gliricidia con paja de carnauba - AGbag, gliricidia con biocompound y Gliricidia , paja de carnauba y biocompound - AGBioBag; en las profundidades de 0-10, 10-20 y 20-40cm. A través del estudio se encontró que en los aleias con el uso combinado de los residuos de la paja de carnauba, Gliricidia y biocompound hubo una mayor preservación de tanto el contenido de carbono orgánico en partículas y carbono asociado con minerales. Pronto, la agroforestería en los aleias utilizando la combinación de los tres residuos fue eficaz en el mantenimiento de una estabilización materia y carbono orgánico lábil. También se encontró que el carbono orgánico en partículas en todos los aleias se hizo más sensible a cambios en la gestión del suelo en relación con el contenido total de la MOS en el que hubo los índices más altos de sensibilidad esta fracción.

Palabras clave
Gestión del suelo; carbono en el suelo; agroecología

Introducción

La evaluación de la eficacia de las estrategias de gestión, ha puesto de relieve la materia orgánica del suelo (MOS) como indicador de la calidad del suelo de la excelencia por su alta sensibilidad y sobre todo por su estrecha relación con las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Sin embargo, el contenido total de la MOS puede ser un indicador no es suficientemente sensible para sistemas de gestión de evaluación cualitativa. Los estudios han demostrado que ciertos compartimentos de la MOS en comparación con el contenido total, son capaces de detectar rápidamente los cambios en el contenido de carbono (C) en el suelo asociado con la dirección. El cambio en estos compartimentos es generalmente mayor que cuando se considera sólo el contenido total de la tierra C (Xavier et al., 2006). Tan importante como el estudio de las acciones de la capacidad total de carbono está comprobando las fracciones SOM en la evaluación de los niveles de eficiencia de la gestión de un entorno.

En este sentido, además el carbono orgánico total (TOC) ha sido identificada como fracción altamente sensibles a los cambios ambientales fracción de partículas de materia orgánica (POM). Básicamente compone de residuos vegetales en las primeras etapas de descomposición, las raíces y las hifas del hongo que aún tienen estructuras celulares reconocibles (Concepción et al., 2007), la fracción de partículas es la más lábil de la MOS.

La relación estratificación es un punto de referencia importante en el control de calidad del suelo (MATIAS et al., 2014). Esta relación debe ser investigada en las condiciones de clima tropical y subtropical, especialmente en relación con el tipo de suelo, el espesor de las capas, el valor crítico y su relación con el tiempo de uso de los sistemas de manejo del suelo. Según Ferreira et al. (2012) en Brasil todavía son pocos los estudios que investigan el RE, especialmente en la gestión de los empleados en la región semiárida.

El estudio de los cambios en la entrada MOS y sus fracciones, uso de la tierra inducida, asume una gran importancia en la financiación de la adopción de un sistema de gestión orientado a la conservación o recuperación del potencial agrícola. Mientras que la región semiárida de Brasil aún tiene en su magnitud la agricultura convencional con uso intensivo de fuego en preparación de la tierra y una búsqueda emergente para los sistemas de carácter conservacionista, como los sistemas agroforestales, identificar indicadores eficientes de calidad de estas estrategias razones para la toma de decisiones para la mejora de los ecosistemas agrícolas. Así, este estudio tuvo como objetivo evaluar la variación del contenido de MOP y el índice de sensibilidad de estas fracciones de SOM en cuanto al manejo de los residuos orgánicos en los aleias en un sistema agroforestal manejado con o sin fuego.

Materiales y Métodos

El estudio fue llevado a cabo en Fazenda Cajueiro do Boi (3º00'39,29 "S / 40º13'30,38" W), altura de 50 m, ciudad de Bela Cruz, al norte del estado de Ceará. El clima se caracteriza por ser caliente tropical semiárido (BSw'h), según Koppen (IPECE, 2007), con las lluvias de febrero a abril, la precipitación anual promedio de 1.096,9 mm y temperaturas medias que oscilan entre 18 y 30 C. En cuanto a suelo, se identificó el área a clase Ultisol. En 1992 la zona comenzó a ser utilizado para la agricultura migratoria, la deforestación y la quema se realiza en la zona, y en 2007, el Sistema Agroforestal (APS) se instaló. La superficie total de SAF anacardo es de aproximadamente una hectárea (110m x 90m), y utiliza el modelo de aleias, teniendo en cuenta la especie faxinais distribución y anacardo (*Anacardium occidental)* como el principal componente leñoso, la leguminosa Gliricidia (*Gliricidia sepium*) y el interés culta alimentos, maíz (*Zea mays*). En cuanto a la gestión adoptado, dos prácticas difieren aleias, el uso del fuego y la adición de residuos orgánicos diferentes (material de poda Leguminosas biocompound y paja de carnauba). Estas prácticas de gestión diferencian los tratamientos que se evaluaron en este estudio, desglosados de la Tabla 1.

Tabla 1. Los aleias bajo la gestión de los diferentes semiárido brasileño residuos orgánicos

Tratamientos	Manejo de suelos	Los residuos orgánicos manejado
AG*f*		gliricidia
AGBio*f*	con fuego	gliricidia + biocomposto
AGBag*f*		gliricidia + bagana de carnauba
AGBioBag*f*		gliricidia+biocomposto+bagana
AG		gliricidia
AGBio	sin fuego	gliricidia + biocomposto
AGBag		gliricidia + bagana de carnauba
AGBioBag		gliricidia+biocomposto+bagana
MN	sin manejo	serrapilheira da vegetação nativa

* A: aléia; Gli: Gliricidia solteira; Bio: Biocomposto; Bag: Bagana; MN: Mata nativa do semiárido; f: manejo com fogo; Biocomposto: composto por folhas de caju, esterco caprino e bagana de carnaúba.

En 2014, para evaluar el efecto de los residuos diferente logrado en los aleias, y la preparación con fuego en las propiedades químicas del suelo en cada callejón se abrieron y recaudados cuatro muestras simples suelo cinco mini trincheras para formar un compuesto profundidades de muestra 0-10, 10-20 y 20-40 cm. Las muestras se colocaron en bolsas de plástico etiquetados y transportados al Laboratorio de Suelos y Agua, Departamento de Ciencias del Suelo de la Universidad Federal de Ceará, Fortaleza, Ceará. La determinación del contenido de materia orgánica se determinaron mediante oxidación húmeda y la diferencia de la gravedad. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y los promedios en cada profundidad en los diferentes sistemas de gestión de comparación por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Resultados y Discusión

En la evaluación de la capa de 0-10 cm, se encontraron niveles más altos de fracción lábil de carbono (COP) para los tratamientos sin el uso de fuego, excepto para el residuo AgBio (Tabla 2). En la capa de 10-20 cm de la ausencia de fuego también resultó en niveles más altos de COP, sino también por el tratamiento con la excepción representado por la mezcla (AGBioBag). En la capa más profunda (20-40 cm) los mayores niveles de la COP se observaron en los tratamientos con el uso del fuego. Aunque Después de seis años de la preparación de los aleias manejados con fuego, se observó que dicha preparación promovió disminución de COP en el suelo, sobre todo en las capas superiores que reciben los residuos AG y AGBag. Esto puede deberse a los cambios en la dinámica microbiana de aleias con estos tratamientos.

Tabla 2. Partículas de carbono orgánico (POC), carbono orgánico asociado a los minerales (COM), partículas en comparación carbono orgánico y carbono orgánico asociado a los minerales (POC / COM) en Ultisol con residuos orgánicos agregado y uso del fuego en un sistema agroforestal en el semiárido.

Tratamientos	POC		COM		POC/COM	
	g Kg^{-1}				(%)	
	0-10 cm					
	Con fuego	Sin fuego	Con fuego	Sin fuego	Con fuego	Sin fuego
AG	0,23 cB	0,28 bA	12,73cA	9,45bB	1,99bB	5,04aA
AGBio	0,29 abA	0,19 cB	13,02cB	15,20aAB	2,43aA	1,74cB
AGBag	0,30 aB	0,47 aA	22,37bA	15,92aB	2,63aB	3,63bA
AGBioBag	0,27 bB	0,39 abA	23,38abA	15,54aB	1,51bB	3,62bA
	10-20 cm					
	Con fuego	Sin fuego	Con fuego	Sin fuego	Con fuego	Sin fuego
AG	0,18cB	0,36aA	11,41bcA	8,79cB	1,90cB	4,24aA
AGBio	0,31aAB	0,29abB	10,63cA	10,90bcA	2,90abA	2,81bA
AGBag	0,19cB	0,25bA	20,72aA	11,13bB	1,34cB	2,40bA
AGBioBag	0,28bA	0,22bB	15,18bAB	14,22aB	2,36bA	1,84cB
	20-40 cm					
	Con fuego	Sin fuego	Con fuego	Sin fuego	Con fuego	Sin fuego
AG	0,26 abA	0,09 bB	9,13 bA	13,64 bA	2,98 bA	3,13bA
AGBio	0,24 bA	0,09 bB	9,14 bA	10,35 bA	2,68 bA	0,90dB
AGBag	0,23 bB	0,36 aA	13,54 aA	7,92 cB	1,78 cB	4,88aA
AGBioBag	0,35 aA	0,35 aA	12,34 aB	19,46 aA	4,35 aA	2,24cdB

Letras minúsculas comparam médias em resposta aos resíduos orgânicos dentro de cada profundidade. Letras maiúsculas comparam médias em resposta aos fatores de tratamento com fogo e sem fogo dentro de cada resíduo orgânico. * A: aléia; Gli: Gliricidia solteira; Bio: Biocomposto; Bag: Bagana; Biocomposto: composto por folhas de caju, esterco caprino e bagana de carnaúba.

Los resultados de este estudio fueron diferentes a lo observado por Potes et al. (2010) estudio en el que los entornos de intervención del fuego tenía una mayor proporción de las fracciones más lábiles de SOM. Esto corrobora el efecto sigue siendo muy discutido que promueve el fuego en los compartimentos de SOM, ya que este efecto es muy variable y se relaciona con la intensidad y recurrencia de fuego, y el tipo de vegetación, la textura del suelo y el clima (Vergnoux et al., 2011). El efecto de fuego está ligado, por tanto, a varios factores tales como el tipo de residuos orgánicos (composición química y estructural) presente y sus efectos sobre la dinámica de la biota del suelo. Sin embargo hay un mayor consenso sobre la capacidad de proveer de carbón al suelo por uso del fuego; Por lo tanto, la práctica de la quema predominantemente contribuir en el aumento de los compartimentos más estables (Steiner et al., 2008) y una reducción de los más lábiles, tales como POC. Este efecto se observó en este estudio, ya que había mayores niveles de fracción COM en comparación con fracción POC (Tabla 2), principalmente en las capas superficiales y uso del fuego.Os teores de POC apresentaram diferenças também em relação aos resíduos avaliados (Tabela 2), ocorrendo maiores teores deste compartimento nas aleias com resíduos combinados AGBioBag e AGBag.

En la capa de 0-10 cm contenidos POC más grandes se produjeron para el residuo AGBag, mientras que las capas de 10-20 cm 20-40 cm se observaron para AgBio AGBioBag y los residuos, respectivamente. En los estudios de Sá et al. (2001), los niveles de COP dependen del contenido de carbono aportado por los residuos vegetales. Residuos de gliricidia tuvo un efecto en el aumento de la POC y de residuos Bagana carnauba contribuyó a la protección física de esta fracción por la presencia del componente cerífero en este material. La acumulación de carbono Superior preferiblemente observada indica la COP, según Rossi (2012), la ocurrencia de considerable suministro de biomasa, además de ser indicativo de una mayor estabilidad de los agregados principalmente de macroagregados como Heid et al. (2009).

CON contenido fue mayor predominantemente en la adición de los residuos combinados, AGBioBag y AGBag (Tabla 2) con y sin uso del fuego y las tres profundidades. El más bajo com niveles se observaron mediante el uso de leguminosas solas, AG, o simplemente la

combinación AgBio. Por lo tanto, es posible poner de relieve el efecto del residuo de la Bagana carnauba el aumento del contenido de fracciones más estabilizadas de SOM, así como el aumento de los niveles de la POC. La mayor concentración de COM indica proceso más eficiente de estabilización y humificación de SOM ocurrido en estos aleias. Además, como Pragana et al. (2012), la formación de complejos órgano-minerales también indica una mayor conservación de los contenidos totales de SOM. Para la situación en el callejón AGBioBag ocurrió conservar residuos más lábiles (POC) y la mayor parte de la capacidad de estabilización SOM. Esto indica una mayor eficiencia de la mezcla en cuanto a las funciones ejercidas por el MOS, siendo un material de estabilización de fácil descomposición y más. Carmo et al. (2012) señalan que la cantidad adecuada de POC es fundamental para asegurar el flujo de carbono y el mantenimiento de la actividad biológica, mientras considerable CON niveles son importantes para asegurar el suministro de microorganismos, los procesos de oxidación de la materia orgánica y los procesos de prevención de carbono la pérdida y la degradación de la tierra.

La relación de la POC / COM fue predominantemente mayor en la gestión sin quemar, sobre todo en las capas superficiales. Para los residuos también hubo diferencias entre los valores de la relación COP/ COM (Tabla 2), con valores más altos en el tratamiento AG sin fuego y AgBio tratamiento menor sin fuego en la capa de 0-10 cm. En la capa de 10-20 cm fueron mayores en aleias AG y AgBio y capa de 20 a 40 cm en los aleias AGBioBag y AGBag en la gestión sin fuego. Los valores más altos de la relación POC / COM muestran más labilidad y aumentar el suministro de sustratos para el crecimiento microbiano y la consiguiente liberación de nutrientes al suelo (PÉRDIDA et al., 2010).

Conclusiones

1. La gestión de las aleias con fuego reduce el contenido de la etiqueta de carbono en la capa superior del suelo, incluso después de seis años de labranza con quema;
2. Aleias manejados con una combinación de gliricidia residuos, biocompound y carnauba paja (AGBioBag) fueron eficientes en el equilibrio dinámico entre el mantenimiento de compartimentos SOM más lábiles, así como los compartimentos más estables y más eficiente en la estratificación de carbono en perfil del suelo;

Bibliografía

CARMO, F.F. et al. **Frações granulométricas da matéria orgânica em latossolo sob plantio direto com gramíneas**. Biosci. J. Uberlândia, v. 28, n. 3, p. 420-431, Mai. 2012.

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. **Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 9, p 777-788, 2005.

FERREIRA, A.O. et al . **Relação de estratificação como indicador do sequestro de carbono em macroagregados de Latossolo sob plantio direto.** Cienc. Rural, Santa Maria , v. 42, 2012.

FRANZLUEBBERS, A.J**. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality.** Soil and Tillage Research, v.66, p 95-106, 2002.

LOSS, A.; MORAES, A.G.L.; PEREIRA, M.G.; SILVA, E.M.R.; ANJOS, L.H.C. **Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob diferentes sistemas de produção orgânica.** Comunicata Scientiae, v.1, p.57-64, 2010.

MATIAS, S.S. R.; CORREIA, M.A. R.; CAMARGO, L.A.; DE FARIAS, M. T.; CENTURION, J. F.; NÓBREGA, J. C. A. **Influência de diferentes sistemas de cultivo nos atributos físicos e no carbono orgânico do solo.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.7, p.414-420, 2012.

PORTUGAL, A.F.; COSTA, O.D.'A. V.; COSTA, L.M. da; SANTOS, B.C.M. dos. **Atributos químicos e físicos de um Cambissolo Háplico Tb distrófico sob diferentes usos na Zona da Mata mineira**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, p.249-258, 2008.

POTES, M.L et al**. Matéria orgânica em Neossolo de altitude: influência do manejo da pastagem na sua composição e teor.** Rev. Bras. Ciênc. Solo , v.34, p. 23-32, 2010.

PRAGANA, R.B.; NÓBREGA, R.S.A.; RIBEIRO, M.S.; LUSTOSA Filho, J.F. **Atributos biológicos e dinâmica da matéria orgânica em Latossolos amarelos na região do Cerrado piauiense sob sistema plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 36, p 851-858, 2012.

SÁ, J.C.M.; LAL, R. **Stratification ratio of soil organic matter pools as an indicator of carbon sequestration in a tillage chronosequence on a Brazilian Oxisol**. Soil and Tillage Research, v.103, p.46-56, 2009.

VERGNOUX, A.; DI ROCCO, R.; DOMEIZEL, M.; GUILIANO, M.; DOUMENQ, P.; THÉRAULAZ, F. **Effects of forest fires on water extractable organic matter and humic substances from Mediterranean soils: UV-vis and fluorescence spectroscopy approaches**. Geoderma, v.160, p 434-443,2011.

XAVIER, F.A.S.; MAIA, S.M.F.; OLIVEIRA, T.S. & MENDONÇA, E.S. **Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba – CE**. R. Bras. Ci. Solo, 30:247-258, 2006.

EFLUENTES DE UN BIODIGESTOR PARA LA PRODUCCION ME MAÍZ FORRAJERO EN LA LAGUNA

Luna-Anguiano, J[1*]; López-Martínez JD[1]; Silos-Córdova, SG[2]; Trujillo Herrada, U[3] y Alvarado-Arroyo, RA[1]

[1] Universidad Politécnica de Gómez Palacio. Carretera El Vergel-La Torreña km 0820, Loc. El Vergel, Gómez Palacio, Dgo, Méx.
[2] Alumno de la Maestría en Agricultura Orgánica Sustentable de la Universidad Juárez del Estado de Durango.
[3] Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria (SEP-DGETA), Secretaria de Educación Media Superior (SEMS), Brigada de Educación para el Desarrollo Rural (BEDR #48), Fco. I. Madero Coahuila, Méx.

*Autor responsable: jose_dimaslopez@hotmail.com; Carr. El Vergel-La torreña S/N, Loc. El Vergel, Gomez Palacio. Durango. Mexico. CP 35, 120; Tel. +52 (871)-1922700

Resumen

En México se cuenta con una producción anual de 9'524,272.92 toneladas de maíz forrajero, mientras que en la Comarca Lagunera cuenta con una producción anual de 1'367,375.46 toneladas de maíz. Los biodigestores fueron creados principalmente para generar biogás para así poder tener fuentes de energía alterna, pero consigo trajo otro beneficio para la agricultura en lo que a fertilizantes orgánicos se refiere; tiene dos fuentes de fertilización, la primera son los lodos orgánicos, y la otra son los efluentes (aguas residuales del biodigestor), este fertilizante se genera debido a la biodigestión anaeróbica y esto produce una gran mejora en las fuentes de fertilización orgánica, elevando su producción. El presente estudio tiene como objetivo determinar el grado de aprovechamiento de los efluentes líquidos de biodigestor con respecto al fertilizante químico. Los datos de campo se analizaron mediante el análisis de varianza (ANOVA); con el modelo de Duncan. En los análisis de fertilidad del suelo, la MO, CE y NO_3, los valores presentados fueron altos, en estas variables el tratamiento con mayor valor fue el de B. En el muestreo de los pesos de la planta encontramos que en el peso de la hoja el mejor tratamiento fue para NB.

Palabras clave

Efluentes; lodos orgánicos; reciclaje de nutrientes.

Introducción

En México se cuenta con una producción anual de 9'524,272.92 toneladas de maíz forrajero, mientras que en la Comarca Lagunera cuenta con una producción anual de 1'367,375.46 toneladas de maíz (SIAP, 2012). La Comarca Lagunera es la principal cuenca lechera del país con más de 400 mil cabezas de ganado lechero. Esta situación genera una demanda grande de producción de forrajes lo cual es proveído con maíz, alfalfa, sorgo forrajero, avena y otros cereales de invierno como el triticale. El cultivo de maíz sirve como un forraje de alta energía para el ganado lechero. El ensilaje de maíz, con su alto contenido de energía, también se adapta para ser usado en raciones de bajo costo para ganado de engorda. El cultivo de maíz

también puede reciclar los nutrientes de las plantas eficientemente. Especialmente grandes cantidades de N (Nitrógeno) y K (Potasio). Por consiguiente, la eficiencia de transformación de forraje a leche es una necesidad relevante para el productor y problema a atender por la parte técnica (Peña, 2011).

El maíz absorbe el 90% del N en forma nítrica (NO_3). No obstante, las plantas jóvenes pueden tomar más rápidamente las formas amoniacales (NH_4). Las aplicaciones de N pueden hacerse de varias formas, la primera seria todo al momento de la siembra, la segunda fraccionando el 50% al momento de la siembra y el otro 50% restante de los 21-30 días después de la siembra, y por último, fraccionándolo un 33% al momento de la siembra, otro 33% en el primer riego de auxilio y el 33% restante él en segundo riego de auxilio, (Cuadro 1). Es importante observar síntomas en el cultivo y realizar análisis de suelo y planta para corregir deficiencias de nutrimentos, si no se abastecen adecuadamente los nutrimentos requeridos, el rendimiento disminuirá en función de la magnitud de la deficiencia (Figueroa, 2006).

Materiales y Métodos

Localización del área de estudio

El estudio se realizó en la Región Lagunera, la cual se ubica entre las coordenadas geográficas 24° 22´ y 26° 24' de latitud norte, 102° 00' y 104° 47´ de longitud oeste con relación al meridiano de Greenwich, con una altura de 1120 msnm (INEGI, 2006). El presente trabajo fue desarrollado en el predio las Vegas del módulo 21 de producción agrícola de la empresa BETA SAN GABRIEL S.P.R. de R.L. de C.V. Esta área se ubica entre los paralelos 25°47'53'' y 25°48'' N y los meridianos 103°14' 37'' y 104°47'43'', con una altitud de 1110 msnm. Esta región conforma el distrito de riego No. 17 cuya superficie con el cultivo de maíz para el 2012 fue de 45,580.45 ha con un promedio de producción por hectárea de 47.01ton ha^{-1} (SIAP, 2012).

Características climáticas

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por García (1973), el clima de la Comarca Lagunera es de tipo desértico con escasa humedad atmosférica y precipitación pluvial promedio de 240 mm anuales; el periodo de lluvia comprende de mayo a septiembre donde ocurre 70% de la precipitación. En la mayor parte de la región se tiene una evaporación anual de 2,600 mm y una temperatura madia de 20 °C. Sin embargo, durante la primavera y verano (de mayo a agosto) la temperatura oscila en los 40 °C, lo que causa estrés hídrico y térmico a los cultivos (López *et al.*, 2010).

Establecimiento y conducción del experimento
Preparación del terreno, siembra y variedad

La preparación del terreno se llevó a cabo de la misma manera que se realiza la labranza tradicional en las empresas de producción de forraje, que consisten en; Barbecho, Rastreo, Bordeo, Nivelación con láser en base al diseño del riego superficial y corrugación.

Se utilizó el hibrido (30S49), de la casa semillera Pioneer, en ciclo agrícola primavera-verano del año 2012, se estableció en un sistema de producción tradicional con una distancia entre

surcos de 75 cm y 12.5 cm entre plantas con una densidad de población de 96,779 por hectárea, la superficie del experimento constó de 11.30 ha.

Aniegos

Se realizaron dos aniegos, uno se realizó en el mes de febrero con efluente del biodigestor del establo aplicando una lámina de 17 cm con la finalidad de incorporar materia orgánica y nutriente al suelo, el segundo aniego se realizó con el agua proveniente de la presa Lázaro Cárdenas aplicando una lámina de 28 cm.

Siembra

La siembra se llevó a cabo el en ciclo agrícola primavera-verano del año 2012 con fecha 04 de Abril del 2012 el cultivo se estableció en un sistema de producción tradicional con una distancia entre surcos de 75 cm y 12.5 cm entre plantas con una densidad de población de 96,779 por hectárea.

Fertilización

Se hizo una aplicación de urea, el 05 de mayo, con una dosis de 350 Kg ha^{-1}, la urea se aplicó en las tendidas marcadas de acuerdo al diseño establecido en el proyecto. El efluente del biodigestor fue aplicado en los riegos, pero este solo se aplicó a cada tendida de acuerdo al diseño del experimento, también hubo tendidas en las que solo se les aplico el riego sin fertilización alguna.

Aplicación y manejo de riego

De acuerdo con el Reta *et al*. (2001) los mayores rendimientos se obtienen con aplicación de un riego de pre siembra con una lámina de 18 a 20 cm, y cuatro riego de auxilio con láminas 12 a 15 cm en el experimento los auxilios se realizaron a los 38, 64 y 76 días después de la siembra (dds).

Tratamientos a evaluar

De acuerdo a cada tratamiento se aplicó el fertilizante químico que en este caso se utilizó Urea, además del efluente del biodigestor aplicado en cada uno de los riegos y también evaluando el agua de la noria, el manejo de los tratamientos fue el siguiente: Noria + Fertilizante (NF): se aplicó agua de noria más el fertilizante químico (urea), Noria + Biodigestor + Fertilizante (NBF): agua de la noria más el efluente del biodigestor y el fertilizante químico, Biodigestor + Fertilizante (BF): se aplicó el efluente del biodigestor más el fertilizante químico, Noria (N): solo se aplicó agua de la noria, Noria + Biodigestor (NB): se aplicó el agua de la noria y el efluente del biodigestor, Biodigestor (B): por ultimo en este tratamiento solo se aplicó el efluente del biodigestor.

Diseño experimental y análisis estadístico

Los tratamientos en el campo fueron establecidos en bloques al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones, en la comparación de medias se utilizó el método de Duncan.

Variables a evaluar

Se evaluaron en planta la altura, Unidades SPAD y Peso verde, en el suelo se midieron ph, ce, mo y nitratos.

Resultados y Discusión

Altura de planta

En esta variable no se presentó diferencia significativa en ninguna de las fechas analizadas por lo cual se considera que el efecto fue homogéneo para los diferentes tratamientos. Numéricamente, se presentó una tendencia donde la altura de planta tendió a incrementarse más en el tratamiento NF (noria + fertilizante químico) en las primeras dos fechas muestreadas (5 y 22 de mayo), con una altura de 0.27 y 0.39 m respectivamente. El muestreo de esta variable del 30 de mayo el tratamiento que presento la mayor altura fue B (biodigestor) con 1.04 m. En el último muestreo el tratamiento sobresaliente fue el N (noria) con 1.315 m de altura. De las cuatro fechas muestreadas el tratamiento BF (biodigestor + fertilizante) fue el que obtuvo menor altura con un promedio de 0.98 m.

Unidades SPAD

En esta variable se presentó significancia estadística en el muestreo del 28 de junio del 2012 con respecto a las demás fechas analizadas (Cuadro 1). En el primer muestreo el 5 de mayo, no presentó diferencia estadística entre tratamientos, pero se obtuvieron las siguientes tendencias, como mayor, el tratamiento de N con 50.495 unidades SPAD y el menor el tratamiento B con 46.735 unidades SPAD. En el segundo muestreo (22 de mayo) la mayor tendencia fue de 52.680 unidades SPAD para el tratamiento NB (noria + biodigestor) y la menor fue de 46.415 unidades SPAD para tratamiento BF. El 30 de mayo la mayor tendencia fue de 46.200 unidades SPAD para el tratamiento N y la de menor respuesta fue de 34.325 unidades SPAD para el tratamiento B. En el último muestreo (28 de junio) se observa una mayor respuesta en los tratamientos N y NB con valores 49.615 y 52.515 unidades SPAD, los cuales resultaron estadísticamente iguales a los tratamientos NBF y BF, y superiores a los tratamientos NF y B.

Cuadro 1. Comparación de medias (Duncan 0.05) y la respuesta para SPAD de 6 tratamientos en maíz forrajero (*Zea mays*).

TRATAMIENTO	5-may.	22-may.	30-may.	28-jun.
NF	48.195	50.515	41.290	37.980 b
NBF	47.505	48.865	41.420	47.920 ab
BF	47.560	46.415	37.470	43.355 ab
N	50.495	50.655	46.200	49.615 a*
NB	48.935	52.680	44.715	52.515 a*
B	46.735	47.935	34.325	37.800 b

*Letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales

Contenido de MO

En esta variable no se mostró diferencia estadística entre los tratamientos.

Potencial de Hidrogeno (Ph) del suelo

Esta variable no mostró diferencia significativa, encontrando una respuesta homogénea en la muestra analizada al final del ciclo vegetativo (Cuadro 2). El tratamiento con un mayor valor fue 8.2 (moderadamente básico) NB y el de menor valor fue 7.6 en BF lo cual se clasifica como un suelo alcalino (Pavón, 2002). La planta se desarrolla adecuadamente en un nivel de 6 - 7.5 (Phytomonitor, 2012), como se observa en el Cuadro 15, en los tratamientos que se les aplicó el efluente del biodigestor el pH disminuyó.

Conductividad Eléctrica (ce) del suelo

En el análisis estadístico al final del ciclo vegetativo, la CE presentó una diferencia altamente significativa como se muestra en el Cuadro 2. Las condiciones óptimas de CE en las que se desarrolla mejor el cultivo son de 1.5 – 2.5 mmhos cm^{-1} (Phytomonitor, 2012). El tratamiento con mayor valor fue el BF con un valor de 3.08 mmhos/cm, y el de menor valor fue de 1.37 mmhos cm^{-1} en el tratamiento. En B en los tratamientos BF y B se presentó un promedio de 3.12 mmhos cm^{-1}, lo cual afecta negativamente a la productividad del cultivo debido a que se consideran valores altos para desarrollo del mismo. Los tratamientos, NF, NBF, N y NB muestran un valor promedio de 1.64 mmhos/cm representando un nivel óptimo para el desarrollo del cultivo (Cuadro 2).

Contenido de Nitratos (No_3^-) en el suelo

En el momento del análisis de varianza para nitratos, se encontró que es altamente significativo (Cuadro 13). Las concentraciones de nitratos estuvieron dentro del rango 120.45 ppm (B) a 28.60 ppm (N) (Cuadro 2), el cual es mayor al que requiere el cultivo para desarrollarse adecuadamente (Phytomonitor, 2012). Los tratamientos relacionados con el efluente del biodigestor se mostraron altos.

Cuadro 2. Comparación de medias (Duncan 0.05) para MO, pH, CE y NO3 de 6 tratamientos en maíz forrajero (Zea mays).

TRATAMIENTO	MO (%)	pH	CE(mmhos cm^{-1})	NO_3 (ppm)
NF	1.68	8.1	1.45 b	37.00 d
NBF	2.00	7.8	2.09 b	83.25 bc
BF	2.10	7.6	3.08 a*	109.15 ba
N	1.96	8.2	1.37 b	28.60 d
NB	2.03	8.1	1.68 b	57.20 dc
B	2.33	7.8	3.16 a*	120.45 a*

*Letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales

Pesos en verde para tallo, hoja y mazorca

En estas variables se presentó significancia estadística en el peso verde de la hoja, mientras que en el peso verde del tallo y mazorca no se presentó significancia estadística (Cuadro 3). En el análisis del tallo, el mayor valor se presentó en el tratamiento NF 0.439 kg y un menor valor en el tratamiento N con 0.310 kg. En el peso de la hoja el tratamiento NB fue superior a todos con un valor de 0.174 kg de hoja en peso verde. En el peso del elote el mayor valor encontrado fue de 0.277 kg en el tratamiento B y el menor valor fue de 0.234 kg en el tratamiento BF (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de medias para tallo, hoja y mazorca (Kg**).**

TRATAMIENTO	TALLO	HOJA	MAZORCA
NF	0.439	0.141 b	0.239
NBF	0.329	0.149 b	0.249
BF	0.315	0.149 b	0.234
N	0.310	0.144 b	0.264
NB	0.375	0.174 a*	0.270
B	0.338	0.155 b	0.277

*Letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales

Conclusiones

En general, no se presentó un efecto significativo de los tratamientos en estudio sobre las variables del cultivo. Sólo al final de los muestreos de la altura de la planta, el tratamiento que mostró mejores resultados fue el de N. En tanto al SPAD, el tratamiento que obtuvo los mejores resultados fue el de NB, demostrando así que el contenido de clorofila fue alto ya que esto nos dice que el rendimiento y la concentración del nitrógeno fueron buenos.

En los análisis de fertilidad del suelo, la MO, a pesar de no haber diferencia significativa los valores son altos para la región, y en la CE y NO_3, los valores presentados también fueron altos, en estas variables el tratamiento con mayor valor fue el de B. En función de la salinidad del suelo que el cultivo puede tolerar sin afectar significativamente su rendimiento (1.5 – 2.5 mmhos cm^{-1}), el rango de conductividad eléctrica (CE) resultante al final del ciclo vegetativo es alto (1.37-3.08 mmhos cm^{-1}).

Bibliografía

Figueroa Viramontes Uriel 2006 Fertilización de Cultivos Forrajeros. Ed. CELALA INIFAP. Pág. 19 – 29.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana. Publicaciones UNAM. México, D. F.

http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Publicaciones/SistemaProducto/Lists/Meln/Attachments/6/pr_rl.pdf 28/Agosto/2013

http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=640 21/Agosto/ 2013

INEGI, 2006 http://mapserver.inegi.gob.mx 25/febrero/2013

López, M. JD., Vázquez, V. C., Salazar, S. E., Salazar, M. E., Zuñiga, T. R. and Trejo, E. H. I. 2010. Use of soil water content in deciding the sowing time in dry land agriculture. J. Horticulture and Forestry. 2(6):122-126.

Pavón Chocano Antonio B. 2002, Instalación de riego por goteo en una parcela de maíz dirección electrónica: http://www.ingenieriarural.com/Proyectos/AntonioPavon/05-AnejoIII.pdf

Peña Quiroz Jorge Lenin 2011 trabajo de diplomado: Evaluación de la producción de chilote en el cultivo de Maíz (Zea mays, L) variedad HS-5G utilizando sustratos mejorados y determinación de los coeficientes "Kc" y "Ky", bajo riego. pág. 2

Phytomonitor S.A. de C.V. Calzada Aeropuerto No. 7299-B Colonia Bachigualato Culiacán, Sin. C.P. 80140 te/fax 01 (667)760-0734 y 760-2466 e-mail: ventas@phytomonitor.com.

DETRITUS DE HORMIGA ARRIERA COMO BIOFERTILIZANTE

Maurice-Lira, JV[1*]; Quintero-Lizaola, R[2]

[1]Centro Universitario UAEM Zumpango. Zumpango, Estado de México. México.
[2]Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México. México.

*Autor responsable: jvml333@hotmail.com; Calle Prolongación Guadalupe Victoria S/N, Barrio Santa María, Zumpango, Estado de México, México. CP 55614; Tel. +52 (045)-722-8857-969.

Resumen

El objetivo de esta investigación fue determinar la viabilidad del detritus de la hormiga arriera *Atta mexicana* Smith, como biofertilizante a partir de su análisis químico y actividad microbiológica; para ello se analizaron tres tratamientos muestreados en el municipio de Tezontepec de Aldama, Hidalgo, cada uno fue recolectado de un hormiguero distinto. Los resultados de la caracterización química muestran que el pH del detritus es ligeramente ácido y C.E. menor a 3.9 ds m^{-1}; los valores de los nutrimentos obtenidos fueron los siguientes: N (1.43 a 2.06 %); P (0.14 a 0.35 %); K (0.78 a 2.00 %); Ca (1.54 a 3.37 %); Mg (0.45 a 0.83 %); Na (0.04 a 0.18 %); Fe (6700 a 21220 ppm); Cu (6 a 11 ppm); Zn (39 a 47 ppm); Mn (153 a 395 ppm), Materia Orgánica (MO) (33 a 70 %). Se hizo un análisis microbiológico, midiendo la respiración microbiana en 36 días de incubación. Los niveles obtenidos fueron altos, lo que es una característica importante para considerar viable su uso como biofertilizante. La tasa de mineralización relativa fue decreciente, debido a que los materiales que componen el detritus son de calidad, ya que las fuentes de carbono fueron rápidamente mineralizadas, esta característica es importante porque facilita la regeneración del suelo.

Palabras clave

Actividad microbiológica, mineralización de CO_2, respiración edáfica basal.

Introducción

La agricultura química ha olvidado el respeto a los recursos naturales, en su deseo por volver al suelo "libre de patógenos" está matando a los microorganismos esenciales para generar vida saludable (Restrepo, 2007) (Simón, 2014), esto forma parte de un problema mayúsculo, ya que los microorganismos son los encargados de dar estructura física al suelo, es decir, la aplicación de fertilizantes químicos no es necesaria si el suelo es rico en microorganismos (Quintero, 2014) (Simón, 2014) (Restrepo, 2007) así mismo, los microorganismos son los encargados de mantener las características físicas y químicas ideales de un suelo (Simón, 2014).

Ante esta problemática se ha optado por la utilización de los biofertilizante para regenerar la vida de los microorganismos en el suelo, ya que la importancia de los biofertilizante no consiste en la aportación de grandes cantidades de micro y macro nutrimentos al suelo o a las plantas, sino la gran carga de microorganismos que se están aportando al suelo (Guerrero *et al.*, 2012)

Por esta razón se presenta al detritus de la hormiga arriera (*Atta mexicana* Smith) como una alternativa para su utilización en la agricultura orgánica por sus características similares a otros biofertilizantes. Ya que la hormiga arriera es la encargada de conseguir material vegetativo donde los niveles de nutrientes son más elevados (Montoya *et al.*, 2006) (Fortanelli y Servín, 2002), posteriormente pica el material vegetativo en trozos de 3 mm de diámetro y finalmente lo utiliza como sustrato para la producción su alimento (un hongo del género *Pholiota gongylophora* o *Attamices sp.*), sin embargo, en estas galeras controlan temperatura, humedad, ventilación y luminosidad (Maeterlink, 1978) de esta manera existe una biodegradación donde interfiere la actividad microbiana que vuelve al sustrato un material con potencial nutrimental (Guerrero *et al.,* 2012; Íñiguez, 2011; Montoya *et al.,* 2006) , de esta manera puede ser utilizado como un biofertilizante (Fortanelli y Servín, 2002; Farji y Silva, 1995)

Materiales y Métodos

Se muestrearon los vertederos de detritus de tres hormigueros de *A. mexicana* encontrados en el municipio de Tezontepec de Aldama, Hidalgo. Cada uno de los hormigueros se encontraba en zonas diferentes en cuanto a sus características climáticas, de ubicación y vegetación, se obtuvo una muestra representativa y aleatoria. Los tratamientos se denominaron H1, H2 y H3.

Los vertederos H1 y H2 se localizaron en un terreno ocioso y expuestos a los efectos de la intemperie, es decir, expuestos a las variaciones climáticas de humedad, ventilación y radiación solar, aunque el H2 se localizó dentro de un cúmulo de rocas sedimentarias, las cuales le brindaban mayor protección a la radiación solar comparado con el H1.

En cuanto al vertedero H2, se localizó dentro de una casa abandonada, este detritus mostraba características de color (oscuro) y olor distintos a los otros dos, además de que en este lugar, las condiciones de intemperie no afectaban el vertedero de detritus, pues la radiación solar no era directa, y la ventilación era moderada, lo cual no permitía la pérdida de humedad en el

Figura 1. Fotografía del vertedero H1 de detritus de A. mexicana.

Figura 2. Fotografía del vertedero H2 de detritus de *A. mexicana*.

Figura 3. Fotografía del vertedero H3 de detritus de *A. mexicana*.

vertedero.

Las muestras se tamizaron en un diámetro de 2mm para quitar rocas y basura que pudieran modificar los resultados del análisis químico. Se realizó un diseño experimental en bloques completamente al azar con cinco repeticiones por tratamiento y tres blancos en el caso del análisis de actividad microbiana, la prueba de medias utilizada fue Tukey (*P £ = 0.05)*

Las variables analizadas para la caracterización química fueron las concentraciones de N medida por el método semimicro Kjeldahl, P mediante el método de mezcla vanadomolíbdica, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu y Zn utilizando el método de digestión.

Mientras que para el análisis de actividad microbiana se utilizó el método de incubación en medio cerrado con 5 mL de NaOH 1N descrito por Anderson (1982), las variables analizadas

fueron la acumulación de CO_2 durante 36 días y la velocidad de mineralización de las fuentes de carbono del material vegetativo que componían el detritus mediante la tasa relativa de mineralización.

Los resultados obtenidos de N, P y K se compararon con otros biofertilizantes.

Resultados y Discusión

Cuadro 1. Propiedades químicas de tres tratamientos de detritus de A. mexicana Smith

	pH	C.E	MO	C	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Mn	Zn
			----------%----------								----------ppm----------			
H1	5.7	2.06	47	17.2	1.53	0.176	0.803	1.54	0.45	0.08	19320	8.33	385	43
H2	5.8	3.9	68	31.4	2.06	0.336	1.84	3.22	0.8	0.17	7290	7.33	170	44
H3	6	3.16	37.3	23.2	1.43	0.15	1.233	2.34	0.49	0.05	11090	7	312	41.33

Se puede observar que la cantidad de N encontrada en el detritus de hormiga arriera (Cuadro 1) es superior a los bocashis, compostas y vermicompostas comparados (Cuadro 2), de igual manera se comparó con los detritus de *A. mexicana* evaluados por Fortanelli y Servín (2002) y de *A. colombica* evaluada por Haines (1978), y se encontró una cantidad de K superior a los demás biofertilizantes comparados, sin embargo se obtuvo un resultado inferior en P, comparado con las compostas y vermicompostas. Esto concuerda con lo descrito por Fortanelli y Servín (2002) y Haines (1978), que describen al detritus de hormiga arriera con altas cantidades de nitrógeno y potasio, pero deficiente en fósforo. Al compararse los tres tratamientos, el H2 fue el que contuvo mayor cantidad de nutrimentos solubles, esto se puede relacionar con el lugar donde fue encontrado el vertedero natural, ya que al estar protegido de la intemperie no existió pérdida de nutrimentos por volatilización o lixiviación como pudo ocurrir

Cuadro 2. Comparación de concentraciones de N, P y K en distintos biofertilizantes respecto al detritus de A. mexicana Smith.

BIOFERTILIZANTE	AUTORES	N	P	K
H1		1.53	0.17	0.8
H2		2.06	0.33	1.84
H3		1.43	0.15	1.23
Bocashi I	Restrepo (2007)	1.18	**0.7**	0.5
Bocashi II	Restrepo (2007)	0.96	0.58	0.51
Bocashi III	Restrepo (2007)	0.93	0.44	0.47
Lombricompost Bovino	Restrepo (2007)	- - -	- - -	0.95
Lombricompost Conejo	Restrepo (2007)	- - -	- - -	1.18
Lombricompost Carnero	Restrepo (2007)	- - -	**- - -**	0.79
Compost		0.78	- - -	- - -
Vermicompost		1.04	- - -	- - -
Lupinus		1.88	- - -	- - -
Composta	Olivares (2012)	2.24	0.14	0.22
Lombricomposta	Olivares (2012)	2.2	0.12	0.79
Atta mexicana I	Fortanelli y Servín (2002)	2	0.36	**3.7**
Atta mexicana II	Fortanelli y Servín (2002)	2.7	0.22	1.6
Atta mexicana III	Fortanelli y Servín (2002)	2.3	0.23	2.4
Atta colombica	Fortanelli y Servín (2002)	**3.06**	0.26	1.45

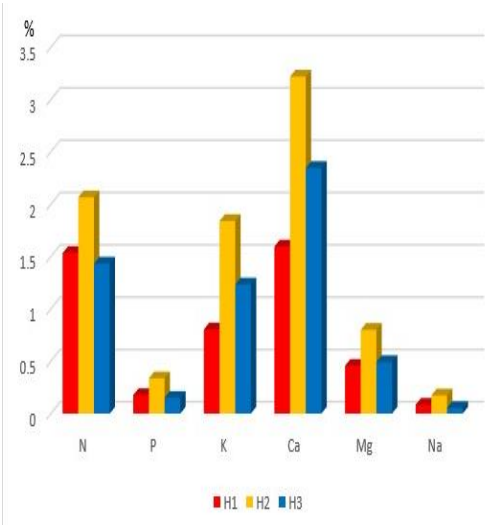


Figura 4. Comparación de las concentraciones de tres tratamientos de detritus de en el caso del H1 y H3.

En cuanto a los nutrimentos no solubles, se encontró que el tratamiento H1 fue superior en la mayoría de los casos, esto se debe a que al ser elementos de más difícil movilidad, no se perdieron tan fácil por lixiviación. Mediante la evolución se puede observar que el detritus de

hormiga arriera es un material estable o maduro, ya que el CO_2 generado oscilaba en los 30 mg/día, lo cual indica que la actividad microbiológica ha agotado las fuentes de carbono de fácil asimilación provenientes de lípidos, fenoles, ácidos orgánicos y azúcares (Guerrero, 2012), lo que refiere a que las fuentes de carbono restantes son aquellas que son de más difícil asimilación (Guerrero, 2012).

Sin embargo, durante los primeros diez días de incubación se presenta un incremento en el tratamiento H1, esto puede relacionarse al lugar donde se encontró el vertedero natural, pues la radiación solar actuaba como inhibidor microbiológico, pero al establecer el material en condiciones ideales para el crecimiento microbiano, se reflejó mayor actividad microbiana debido a las fuentes de carbono existentes (Guerrero, 2012), a diferencia del H2, que estando en un sitio sin presencia de inhibidores de actividad microbiana, al llegar al laboratorio ya había entrado a la fase de madurez, pues había mineralizado sus fuentes de carbono lábiles desde el vertedero natural.

Figura 5. Acumulación de C-CO_2 de diferentes tratamientos de detritus de hormiga arriera recolectados de diferentes hormigueros en 36 días de incubación.

Figura 6. Evolución del C-CO_2 de diferentes tratamientos de detritus de hormiga arriera recolectados de diferentes hormigueros en 36 días de incubación.

La acumulación de C-CO_2 (Figura 5) muestra que el H2 produjo mayor CO_2 a los 36 días de incubación, esto se debió a una mayor cantidad de MO, por lo que tenía mayor cantidad de fuentes de C, esto no contradice lo anterior descrito, pues mientras que el H2 se mostró estable desde el inicio del experimento, había mayor actividad microbiana en el H1, que fue reduciendo al agotarse el C disponible, entrando finalmente a una estabilidad pero con menor MO, lo que limitó la presencia de más microorganismos en comparación del H2.

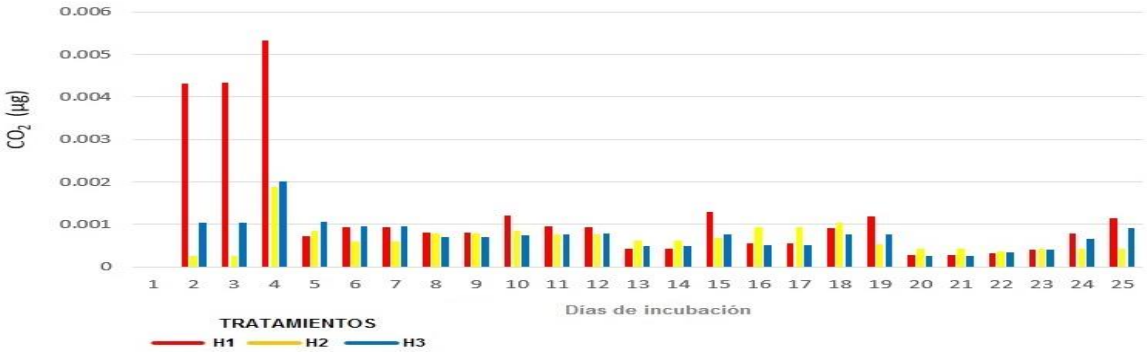


Figura 7. Tasa relativa de mineralización de diferentes tratamientos de detritus de hormiga arriera en 25 días de incubación

La tasa relativa de mineralización mide la eficiencia de mineralización de un material en un tiempo determinado, por lo tanto muestra la calidad de un material para mineralizarse (Guerrero, 2012). La grafica señala una tendencia decreciente, debido a que las fuentes de C se fueron agotando con el paso de los días, por lo tanto la actividad microbiana disminuyó, sin embargo se puede observar que el H1 fue el que mostró mayor producción de CO_2 en los primeros 4 días, posteriormente esta cantidad decreció de súbito, esto se relaciona con lo descrito anteriormente, ya que al estar el vertedero natural en una zona con inhibidores microbianos no existió una mineralización *in situ*, y al llegar al laboratorio habría más fuentes de C que fueron rápidamente mineralizadas, y al irse agotando las fuentes de C fue reduciendo la actividad microbiana. Lo mismo ocurrió con los otros dos tratamientos pero en menor proporción debido a que ya mineralizaban en el vertedero natural.

Conclusiones

-Se ha demostrado que en el detritus de hormiga arriera existe actividad microbiana, característica de suma importancia en un biofertilizante.

-El detritus de hormiga es un material rico en fuentes de carbono de fácil biodegradación, y en condiciones apropiadas para el crecimiento de microorganismos es rápidamente estabilizado, volviéndolo apropiado para su utilización como un biofertilizante.

Por lo tanto se demostró que el detritus de *A. mexicana* Smith puede utilizarse como un biofertilizante en la agricultura, aportando beneficios físicos-químicos al suelo, sirviendo para la agricultura orgánica y de regeneración.

Bibliografía

Farji-Brener, A. G. and J. F. Silva. 1995. Leaf-Cutting Ants and Forest Groves in a Tropical Parklan Savanna of Venezuela: Facilitated Sucession. Journal of Tropical Ecology 11. No. 4: 651-669.

Fortanelli, M. J. and M. M. E. Servín. 2002. Desechos de Hormiga Arriera (Atta mexicana Smith), Un Abono Orgánico Para La Producción Hortícola. Terra Latinoamericana 20. Num. 2: 153-160.

Guerrero, O. P.L., L. R. Quintero, H. V. Espinoza, V. G. S. Benedicto y C. M. J. Sánchez. 2012. Respiración de CO2 Como Indicador de la Actividad Microbiana en Abonos Orgánicos de Lupinus. Terra Latinoamericana 30. Num. 4: 355-362.

Íñiguez, C. G. 2011. El ABC del Compostaje. Universidad de Guadalajara. Guadalajara. Jalisco. 93 pp.

Maeterlinck, M. 1930. La Vida de Las Hormigas.

Montoya, J. J., P. Chacón de Ulloa, M. R. Manzano. 2006. Caracterización de Nidos de la Hormiga Arriera Atta cephalotes (Hymenoptera: Myrmicinae) en Cali (Colombia). Revista Colombana de Entomología 32 (2): 151-158.

Olivares, C. M. A., R. A. Hernández, C. C. Vences, B. J. L. Jáquez, B. D. Ojeda. 2012. Lombricomposta y Composta de Estiercol de Ganado Vacuno Lechero como Fertilizantes y Mejoradores de Suelo. Universidad y Ciencia 28 (1): 27-37.

Quintero, L. R. 2014. Poblaciones Microbianas, Actividades Enzimáticas y Sustrancias Húmicas en la Biotransformación de Residuos. Terra Latinoamericana 32. Num. 2: 161-172.

Restrepo, R. J. 2007. El ABC de la Agricultura Orgánica y harina de rocas. Managua, 262 p.

Rojas, P. 1989. Entomofauna Asociada a los Detritos de Atta mexicana (F Smith) (Hymenoptera: Formicidae) en una Zona Árida del Centro de México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 33: 1-51.

Simón, Z. J. I. 2014. Manual de Microbiología y Remineralización de Suelos en Manos Campesinas. Rapido-Print. 87 pp.

GENERACIÓN DE UN INOCULANTE ACELERADOR DEL COMPOSTAJE

Medina-Lara MA[1*]; Quintero-Lizaola R[1]; Espinosa-Victoria D[1]; Alarcón A[1]: Etchevers-Barra JD[1], Trinidad-Santos A[1]; Conde-Martínez V[2]

[1]Edafología y Botánica Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carretera México-Texcoco. 56230, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Tel. 01 (595) 952-0200, 01 (595) 952-0274
[2]Botánica Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carretera México-Texcoco. 56230, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Tel. 01 (595) 952-0200, 01 (595) 952-0274

**Autor para correspondencia* (mels801@hotmail.com); Cedros # 9, Colonia Ampliación Nexquipayac, Nexquipayac municipio de Atenco, Estado de México. México. CP 56300 Tel. Cel. 5951096060

Resumen

Se sometió a compostaje una mezcla de estiércol de ovino con paja de avena, utilizando el método de apilamiento con volteos al aire libre. La investigación se llevó acabo en el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Estado de México. Con la finalidad de extraer y evaluar un inóculo de las fases del proceso de compostaje que reduzca el tiempo de biotransformación en compost de estiércol de ovino, se obtuvieron cinco muestras, una de cada fase del proceso, estas se conservaron en un ultra congelador, después se liofilizaron para obtener el inóculo que se agregó a los tratamientos en la segunda fase experimental, se establecieron seis tratamientos con tres repeticiones, uno contenía solo el material original (paja de avena y estiércol de ovino) y el resto de los tratamientos se les adiciono el inóculo de las diferentes fases del proceso del compostaje, se colocaron en una cámara donde se mantuvo la humedad y temperatura controlada, a la par se colocaron frascos con material de los diferentes tratamientos para medir la producción diaria y acumulación de CO_2, se midieron temperatura, pH, C.E, materia orgánica, nitrógeno y carbono total, la relación C:N, tamaño de partícula, densidad aparente. La variable producción de CO_2 mostró diferencia significativa ($P = 0.05$), y demuestra que el inóculo aceleró la dinámica de los microorganismos, reduciendo el tiempo del compostaje, la calidad del compost y la madurez se garantiza a medida que disminuye la cantidad de CO_2, ya que el abono orgánico presenta diferentes etapas de biotransformación.

Palabras clave:
Mineralización, Compost, CO_2, Biotransformación, Residuos orgánicos,

Introducción

En la actualidad, la gran cantidad de residuos sólidos generados por las granjas de producción animal y urbanos hace necesario su tratamiento (Profepa, Semarnat, 2010). El compostaje es un método eficiente en la eliminación de estos residuos, permite el aprovechamiento del producto final (Zhu, 2000). Este proceso tiene una duración variable, ya que está relacionado con el origen de los residuos, el tamaño de partícula, disposición de la pila, aireación, humedad y población biológica activa, el período de transformación es cercano a 170 días, e implica la acumulación de gran cantidad de material en las plantas de compostaje

(Zhu, 2000). Por lo que es necesario buscar alternativas como la generación de un inoculante que sea capaz de reducir el tiempo del proceso del compostaje, y de esta manera evitar la acumulación de materiales que llegan a ser contaminantes del ambiente o generadores de moscas (De Carlo *et al*., 2001). El estiércol es un problema para las granjas, ya que mal manejado es fuente de contaminación dentro y fuera de las unidades de producción, los gases tóxicos que genera, como él metano (CH_4), que tiene un efecto invernadero y los efluentes que se lixivian causan contaminación de los mantos freáticos con nitratos (NO_3), que son mayores en los sistemas de producción animal en condiciones de estabulación (Zhu, 2000). El inóculo microbiano debe garantizar la constitución de agregados significativos en número para producir una bioaumentación y la reducción del tiempo de formación y maduración del compost (De Carlo *et al*., 2001). Por lo anterior el presente trabajo evaluó un inóculo de las diferentes fases del proceso de compostaje en la reducción del tiempo de biotransformación en compost del estiércol de ovino.

Materiales y Métodos

El experimento se llevó acabo en el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo Estado de México, una mezcla de estiércol de ovino con paja de avena fue sometida a un proceso de compostaje, utilizando el método de apilamiento con volteos al aire libre. La investigación se realizó con la finalidad de extraer y evaluar un inóculo de las diferentes fases del proceso de compostaje que reduzca el tiempo de biotransformación en compost del estiércol de ovino, a los 18 días se hizo el primer muestreo, en donde se tomaron cinco puntos y se recolecto una muestra de cada uno, se unieron para formar una muestra compuesta homogénea, se realizaron cinco muestreos en total, obteniéndose una muestra compuesta de cada fase del proceso, estas se conservaron en un ultra-congelador vertical (-86°C) marca Sanyo MDF-U76VC-PA, 25.7 pies/518 litros, después cada una se liofilizó. Se utilizó un liofilizador Labconco freeze Dry- System/lyph Lock 4.5 para obtener el inóculo que se agregó a los tratamientos en un una segunda fase experimental, para este se establecieron seis tratamientos con tres repeticiones, T0= paja + estiércol de ovino original, T1= paja + estiércol+ inóculo de 18 días de iniciado el proceso de compostaje, T2= paja + estiércol+ inóculo de 23 días, T3= paja + estiércol+ inóculo de 28 días, T4= paja + estiércol+ inóculo de 33 días, T5 paja + estiércol+ inóculo de 38 días de iniciado el proceso de compostaje, se mezcló el inóculo con la paja y el estiércol y se agregó un litro de agua hasta obtener una mezcla homogénea, después se colocaron en charolas con capacidad de 2 Kg, se pasaron a una cámara de ambiente controlado, al mismo tiempo se colocaron frascos con material de los diferentes tratamientos para medir la producción diaria y acumulación de CO_2, la temperatura se registró diariamente utilizando termómetros de reloj, para el pH, C.E, al final del proceso el compost se secó en la estufa de aire forzado para llevarlo a peso constante y luego se molió para facilitar el manejo de las muestras y lograr mayor homogeneidad. En el laboratorio se determinó el porcentaje de nitrógeno total con el método de microkjeldahl (Bremer, 1965), (porcentaje de materia orgánica, carbono total), la relación C:N, el tamaño de partícula por medio de los tamices, la densidad aparente, pH y la conductividad eléctrica se determinaron durante el proceso (inicio, en la fase intermedia y al final del proceso), en la determinación de pH se utilizó una relación de 1:2 H_2O, en el caso de la conductividad eléctrica (CE) la relación fue 1:5 H_2O y fue determinada en mmhos/cm dSm^{-1}, Una vez terminados los análisis de laboratorio mediante los resultados se determinó cuáles fueron los mejores tratamientos, y decidir cuál de los inóculos de las diferentes fases del proceso fue el que redujo el tiempo de biotransformación. El análisis estadístico para las variables respuesta, producción diaria de CO_2, CO_2 acumulado, densidad

aparente, porcentaje de tamaño de partícula, relación C:N, porcentaje de nitrógeno total, carbono orgánico, materia orgánica, conductividad eléctrica y pH, se analizaron mediante el paquete SAS® , con un análisis de varianza, la prueba de medias de Tukey con un α=0.05 con el fin de detectar las diferencias significativas entre los resultados obtenidos para cada tratamiento.

Resultados y Discusión

Se puede observar que la mineralización (Figura 1) se puede determinar por medio de la tasa de liberación de CO_2 y donde el tratamiento cinco donde se agregó el inóculo de la última fase del proceso de compostaje mostró la mejor actividad, acelerando con esto el proceso y por consecuencia acortando el tiempo de compostaje, obteniendo un compost en menor tiempo lo cual también manifiesta que los microorganismo segregan un conjunto de enzimas que degradan los componentes existentes. Partiendo de materia orgánica fresca se presenta una etapa muy activa, que corresponde a la liberación de materiales orgánicos lábiles (azúcares, amino-azúcares, aminoácidos y ácidos orgánicos), seguida de una segunda etapa en la que la actividad biológica es decreciente. En ella se quedan los materiales recalcitrantes (Acosta, 2006). La velocidad o tasa de mineralización de la materia orgánica expresa el porcentaje de carbono inicial que se mineraliza en un periodo de tiempo determinado; además, la mineralización constituye un indicador de la actividad biológica en un medio dado (Christensen *et al.,* 2009). El compost tuvo un incremento en la evolución del C-CO_2 (Figura 2) Tal comportamiento puede explicarse por una menor cantidad de carbono disponible para los microorganismos debido al mayor grado de estabilidad que alcanzó el compost y ya que durante el proceso de compostaje, los microorganismos rompen la materia orgánica y producen CO_2, agua, humus, el producto orgánico final más estable y calor (Clemente y Bernal 2006). La tasa de mineralización relativa depende de la acumulación de carbono en el tiempo. Para las variables producción de CO_2 (Figura 3) el Tratamiento cinco y dos mostraron diferencias significativas para (P = 0.05) esto muestra que el inóculo tuvo una dinámica que mantuvo activos los microorganismos reduciendo el tiempo del compostaje, a medida que la actividad de los microorganismos es mayor, la acumulación de CO_2 es mayor, la calidad del compost y la madurez se garantiza a medida que disminuye la cantidad de CO_2, lo cual se puede atribuir a que el abono orgánico presenta diferentes etapas de descomposición, los microorganismos respiran continuamente y la tasa de respiración es un índice confiable de la tasa de crecimiento. Los factores que afectan el crecimiento también influyen en la respiración en el mismo grado. Las tasas de descomposición y liberación de los nutrientes están determinadas por la calidad de la materia orgánica. La calidad del material utilizado es definida por los constituyentes orgánicos y los contenidos de nutrientes. La calidad del carbono de un material orgánico depende de las proporciones del carbón soluble, la celulosa (hemicelulosa) y la lignina; en este caso la calidad se refiere a la energía disponible para los organismos descomponedores (Sánchez *et al.,* 2008). El resto de las variables no mostraron diferencias. Los resultados indicaron que el contenido de materia orgánica, nitrógeno total, pH, C.E, el tamaño de la partícula, densidad aparente, el carbono orgánico, afecta la mayoría de las propiedades químicas, físicas y biológicas del compost vinculadas con su: 1) calidad (Carter, 2002, Wander *et al.,* 2002), 2) sustentabilidad de cultivos cuando es mezclado con otros sustratos (Carter, 2002, Acevedo y Martínez, 2003) y 3) capacidad productiva (Sánchez *et al.*, 2004, Bauer y Black, 1994) por lo que en un buen manejo permitiría sustentabilidad que debe mantenerse o aumentarse. Todas estas propiedades del compost favorecen el desarrollo de los cultivos.

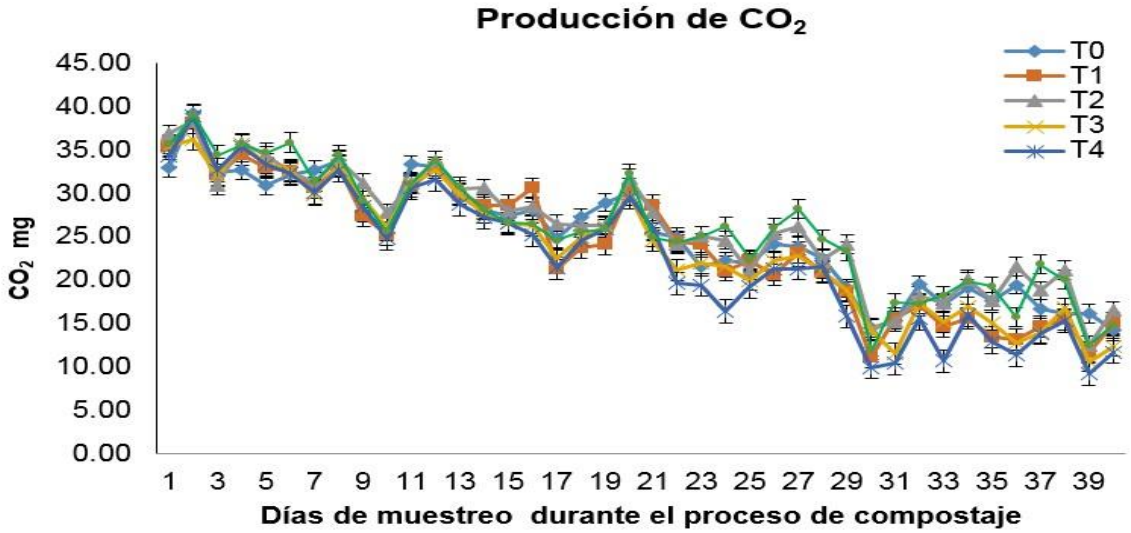


Figura 1. Producción de CO_2. Promedio por día en los diferentes tratamientos donde T0= paja + estiércol de ovino inicial, T1= paja + estiércol+ inóculo de 18 días de iniciado el proceso de compostaje, T2= paja + estiércol+ inóculo de 23 días de iniciado el proceso de compostaje, T3= paja + estiércol+ inóculo de 28 días de iniciado el proceso de compostaje, T4= paja + estiércol+ inóculo de 33 días de iniciado el proceso de compostaje, T5 paja + estiércol+ inóculo de 38 días de iniciado el proceso de compostaje

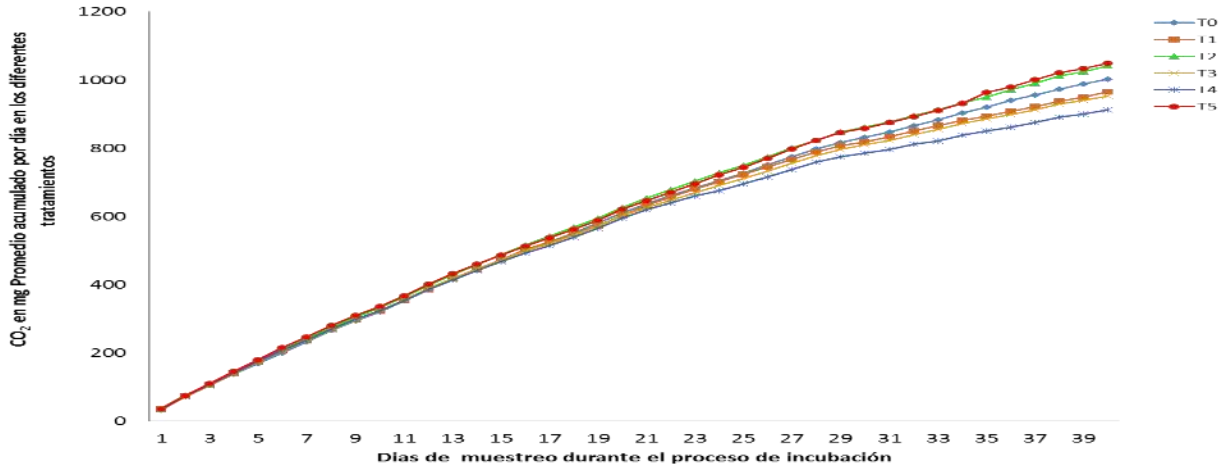


Figura 2. Acumulación de CO_2. Promedio en los diferentes tratamientos donde T0= paja + estiércol de ovino inicial, T1= paja + estiércol+ inóculo de 18 días de iniciado el proceso de compostaje, T2= paja + estiércol+ inóculo de 23 días de iniciado el proceso de compostaje, T3= paja + estiércol+ inóculo de 28 días de iniciado el proceso de compostaje, T4= paja + estiércol+ inóculo de 33 días de iniciado el proceso de compostaje, T5 paja + estiércol+ inóculo de 38 días de iniciado el proceso de compostaje

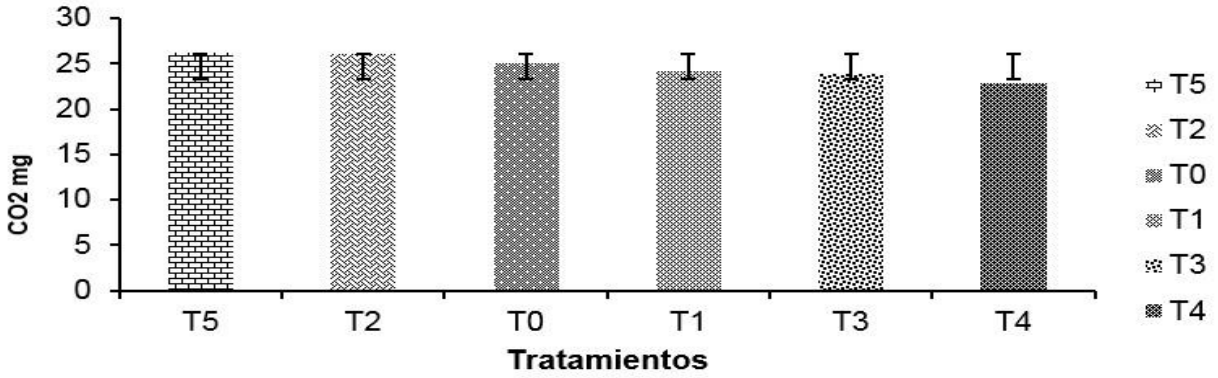


Figura 3. Muestra la media de producción de CO_2 en mg en los diferentes tratamientos donde T0= paja + estiércol de ovino original, T1= paja + estiércol+ inóculo de 18 días de iniciado el proceso de compostaje, T2= paja + estiércol+ inóculo de 23 días de iniciado el proceso de compostaje, T3= paja + estiércol+ inóculo de 28 días de iniciado el proceso de compostaje, T4= paja + estiércol+ inóculo de 33 días de iniciado el proceso de compostaje, T5 paja + estiércol+ inóculo de 38 días de iniciado el proceso de compostaje.

Conclusiones

- El inóculo disminuyo el tiempo del proceso de compostaje por lo menos para dos de los tratamientos.
- El uso del inoculante es una tecnología que ayudara a reducir la gran cantidad de residuos organicos biotransformandolos para usarlos como un abono orgánico en los cultivos.

Bibliografía

Acevedo, E. y E. Martínez. 2003. Sistema de labranza y productividad de los suelos, en Acevedo, E.: Sustentabilidad en Cultivos Anuales. Santiago, Universidad de Chile, Serie Ciencias Agronómicas N° 8, p. 13-25.

Acosta, Y.; J. Cayama; E. Gómez; N. Reyes; D. Rojas; H. García. 2006. Respiración microbiana y prueba de fitotoxicidad en el proceso de compostaje de una mezcla de residuos orgánicos. Multiciencias 6: 220-227.

Bauer, A., and A. L. Black. 1994. Quantification of the effect of soil organic matter content on soil productivity. Soil Sci. Soc. Am. J. 58, 185-193

Carter, M. R. 2002. Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. Agron. J. 94, 38-47.

Christensen, T. H.; E. Gentil; A. Boldrin; A. W. Larsen; B. P. Weidema; M. Hauschild. 2009. C balance, carbon dioxide emissions and global warming potentials in LCA-modelling of waste management systems. *Waste Management and Research* 27 (8): 707-15.

Clemente, R. and M. P. Bernal. 2006. Fractionation of heavy metals and distribution of organic carbon in two contaminated soils amended with humic acids. *Chemosphere* 64 (8): 1264-73.

Profepa, Semarnat. *Informe Anual Profepa 2010.* México. 2011.

Sánchez, J. E.; R. R. Harwood; T. C. Willson; K. Kizilkaya; J. Smeenk; E. Parker; E. A. Paul; B. D. Knezek; G. P. Robertson. 2004. Managing soil carbon and nitrogen for productivity and environmental quality. Agron. J. 96. 769-775.

Sánchez, S.; G. Crespo; M. Hernández; Y. García. 2008. Factores bióticos y abióticos que influyen en la descomposición de la hojarasca en pastizales. Pastos Forrajes 31: 99-108.

Wander, M. M.; G.L. Walter; T. M. Nissen; G. A. Bollero; S. S. Andrews; D. A. Cavanaugh-Grant. 2002. Soil quality: Science and process. Agron. J. 94, 23-32.

Zhu J. 2000. A review of microbiology in swine manure odor control. Agriculture, Ecosystems and Environment 78:93-106.

VARIABILIDAD ESPACIAL DE PARÁMETROS QUÍMICOS DE UN SUELO VERTISOL, CON MANEJO CONVENCIONAL Y ORGÁNICO

Mercado-Mancera, G[1*]; Granados-Mayorga, AK[2]; Reyes-Landa, D[2]; López-Antonio, H[2]; Canales-Tovar, L[2]; Severiano, LJH [2], Valencia-Islas, CE[1]

[1]Departamento de Ciencias Agrícolas, FES-C, UNAM. Cuautitlán Izcalli, México.
[2]Licenciatura de Ingeniería Agrícola, FES-C, UNAM. Cuautitlán Izcalli, México.

*Autor responsable: gmanmer@yahoo.com.mx; Carretera Cuautitlán-Teoloyucan Km 2.5, Col. San Sebastián Xhala, Cuautitlán Izcalli, México. CP 54714; Tel. +52(55)-6231-841

Resumen

El análisis de la variabilidad espacial de las características físicas y químicas de una parcela permiten mejorar el uso de los recursos y disminuir la contaminación del suelo por el empleo inadecuado de la dosis de agroquímicos. El objetivo fue evaluar la variabilidad espacial de algunas propiedades químicas de un suelo con dos diferentes manejos: uno orgánico y el otro convencional. Se analizaron muestras de la parcela 14 de la FES-C, y los puntos de muestreo se georeferenciaron. Se determinó el porcentaje de materia orgánica, pH potencial y real, capacidad de intercambio catiónico total, Ca^{+2} y Mg^{+2} intercambiables. El procesamiento de la información a través del programa Surfer versión 7 permitió observar de forma gráfica cómo se encuentran distribuidas las diferentes propiedades químicas a lo largo y ancho del área de estudio, lo que se utilizará para establecer estrategias para el manejo adecuado de los recursos necesarios en la nutrición de los cultivos. La agricultura de precisión debe ser considerada como la habilidad para controlar con claridad los conocimientos suficientes para entender todos los procesos relacionados con la producción.

Palabras clave

Variabilidad espacial; muestreo; agricultura de precisión

Introducción

Los suelos generalmente no varían aleatoriamente en el espacio, sino que, presentan diversos grados de dependencia espacial de acuerdo a los factores y procesos de formación que estuvieron involucrados en su génesis o durante su evolución. La variabilidad de un suelo agrícola se produce también a través de las actividades de cultivo y por lo tanto, es el hombre el que influye de manera determinante en ella. La variabilidad espacial de un suelo se refiere a los cambios sufridos a lo largo y ancho de un terreno de acuerdo a su manejo durante el cultivo, los cambios se pueden ver detalladamente por medio de un mapa de contorno, para lo cual se necesita tomar muestras en posiciones georreferenciadas y llevar a cabo su análisis. La variabilidad del suelo depende, aparte del tipo de suelo, de la propiedad que se analice, siendo más variables las propiedades químicas que las físicas. Aquellas propiedades que más se alteran por el manejo del suelo serán las que presenten la mayor variabilidad (Ovalles, 1992).

Jaramillo *et al.* (2008) señalaron que este análisis de variabilidad espacial de las características de un campo son parte de los pilares en los que se fundamenta la agricultura de

precisión, que ofrece la posibilidad de manejar eficientemente los recursos de producción, con menor riesgo de deterioro ambiental, ya que, cuando un suelo se fertiliza considerando que es totalmente homogéneo, existirán sectores sub-fertilizados y otros sobre-fertilizados (Ortega y Flores, 1999). La agricultura de precisión permite la aplicación de fertilizantes y/o abonos, pesticidas y el riego según las necesidades específicas de cada cultivo, en cada espacio determinado, en lugar de aplicarse por igual para todo el campo, reduciendo así la cantidad de insumos aplicados, ahorrando recursos y evitando la contaminación. Esto es fundamental para establecer sistemas de producción más sostenibles, rentables y eficientes en el uso de insumos (Valvuena *et al.*, 2008; Garzón *et al.*, 2010). Este estudio se realizó con el objetivo de obtener los mapas de variabilidad espacial de algunas propiedades químicas de un terreno agrícola, dividido con un manejo orgánico y otro convencional, para que a través del contraste de estas propiedades, observar cómo ha influido el manejo en las características edáficas determinadas y así asegurar el uso y manejo más adecuado del suelo estudiado.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM (FES-C), que se encuentra a 2,256 msnm, en Cuautitlán Izcalli, Estado de México. El clima corresponde a un Templado Subhúmedo (Cw_0), con lluvias de verano; la temperatura media anual es de 15.2 ºC y la precipitación media anual de 612.1 mm (Rodríguez, 2014). El suelo es de color gris, pH de 7.0 y con el 3.3 % de materia orgánica (Castillo *et al.*, 2014). Se realizaron muestreos de suelo a una profundidad de 0 a 30 cm. en la parcela 14, la cual está dividida en dos áreas de distinto tamaño: una que se trabaja de forma convencional y otra con manejo orgánico (Figura 1). El muestreo que se realizó fue siguiendo un diseño probabilístico sistemático en dos direcciones en rejilla (Valencia y Hernández, 2002). Para el análisis y conformación de los mapas de variabilidad se trabajó con el programa Surfer versión 7 (Golden Software, Inc., 1999), con datos del porcentaje de materia orgánica (%MO), pH potencial y real, capacidad de intercambio catiónico total (CICT), Ca^{+2} y Mg^{+2} intercambiables, parámetros químicos que fueron determinados por el método de Walkley y Black, relación 1:2.5 en agua, técnica de percolación con NaCl y $CaCl_2$, y por la técnica de extracción con acetato de sodio y titulación complejométrica con EDTA, respectivamente (Valencia, 2012). El levantamiento de puntos se realizó con el uso de un GPS Garmin 12. Se tomaron 31 muestras del área con manejo convencional y 26 muestras de la orgánica.

Figura 1. Distribución y ubicación de los puntos de muestreo.

Resultados y Discusión

Los resultados analíticos obtenidos se muestran en el Cuadro 1, los cuales después se procesaron por medio del Programa Surfer 7, lo que permitió generar los mapas de variabilidad espacial (Figuras 2 y 3), para observar las diferencias que existen entre las áreas con manejo orgánico y convencional.

Cuadro1. Resultados analíticos de las muestras de suelo de la parcela 14. FES-C, UNAM.

MUESTRA	ALTITUD (msnm)	Latitud N	Longitud W	% M.O.	pH potencial	pH real	CICT	Ca++	Mg++
							cmol$^{(+)}$ Kg^{-1}		
AREA CON MANEJO CONVENCIONAL									
1	2257	19.69295	99.19334	2.89	5.94	6.96	53.33	6.46	2.77
2	2258	19.69290	99.19321	2.82	5.78	6.67	45.13	7.69	2.62
3	2256	19.69287	99.19306	2.53	5.74	6.58	47.18	7.08	2.46
4	2256	19.69284	99.19291	2.80	5.55	6.50	44.10	8.31	2.23
5	2256	19.69283	99.19276	2.67	5.56	6.50	45.13	7.38	2.92
7	2256	19.69309	99.19332	2.54	5.56	6.65	44.10	7.69	2.92
8	2257	19.69305	99.19318	2.34	5.55	6.50	47.18	8.31	2.00
9	2255	19.69302	99.19303	2.58	5.67	6.58	48.21	9.85	2.69
10	2257	19.69301	99.19288	3.15	5.67	6.73	51.28	8.62	2.69
11	2256	19.69299	99.19273	2.81	5.95	6.82	47.18	6.77	3.00
12	2258	19.69323	99.19331	3.11	5.77	6.58	46.16	9.54	3.69
13	2257	19.69321	99.19315	2.85	5.70	6.65	51.28	9.23	3.23
14	2256	19.69318	99.19300	2.82	5.68	6.65	47.18	9.85	3.69
15	2256	19.69316	99.19285	2.36	5.74	6.73	52.31	9.23	3.54
16	2256	19.69314	99.19270	2.48	5.73	6.83	45.13	9.54	3.92
17	2259	19.69338	99.19328	2.53	5.78	6.70	61.54	8.92	3.31
18	2257	19.69335	99.19312	2.63	5.89	6.79	60.77	8.31	3.54
19	2256	19.69332	99.19297	1.96	5.66	6.65	61.03	8.62	3.69
20	2256	19.69330	99.19282	1.50	5.64	6.67	54.36	6.77	3.46
21	2256	19.69328	99.19268	2.20	5.63	6.72	44.10	8.00	3.54
22	2258	19.69354	99.19325	2.15	5.86	6.53	53.33	8.92	4.62
23	2257	19.69351	99.19310	1.88	5.67	6.84	53.33	8.77	3.85
24	2255	19.69348	99.19294	1.53	5.64	6.83	53.33	8.77	3.08
25	2256	19.69346	99.19279	2.21	5.49	6.69	55.39	9.23	4.92
26	2255	19.69344	99.19264	1.52	5.58	6.57	57.44	9.10	2.46
27	2257	19.69368	99.19323	2.99	5.98	6.82	62.57	9.23	2.69
28	2258	19.69364	99.19308	3.14	6.30	7.07	67.69	8.62	3.23
29	2256	19.69360	99.19292	2.26	6.32	6.87	58.46	9.54	3.15
30	2255	19.69358	99.19277	2.71	6.05	6.89	58.21	8.92	3.08
31	2256	19.69354	99.19263	2.57	5.99	7.06	57.44	9.85	3.77
AREA CON MANEJO ORGÁNICO									
001	2257	19.69245	99.19274	3.87	6.28	7.16	62.40	6.80	1.60
002	2258	19.69248	99.19275	3.43	6.02	7.02	52.80	6.00	2.80
003	2258	19.69252	99.19272	3.46	5.96	7.06	52.80	5.60	2.80
004	2258	19.69256	99.19272	3.68	5.86	6.92	62.40	6.40	2.60
005	2258	19.69261	99.19271	4.12	5.98	6.97	48.00	7.60	2.80
006	2258	19.69247	99.19282	3.84	5.73	6.82	63.33	8.00	1.58
007	2258	19.69254	99.19281	3.42	5.60	6.80	49.08	6.15	2.08
008	2257	19.69247	99.19289	3.29	5.93	7.01	48.00	6.80	1.20
009	2257	19.69249	99.19289	3.65	5.96	6.89	57.60	7.60	2.00
010	2256	19.69258	99.19287	3.45	5.85	6.88	50.10	7.50	2.45
011	2256	19.69258	99.19287	3.01	5.95	6.86	49.20	6.80	2.60
012	2257	19.69263	99.19286	3.30	5.88	6.94	49.14	7.20	1.80
013	2257	19.69249	99.19297	3.76	5.80	6.80	59.23	6.77	2.54
014	2257	19.69258	99.19296	4.80	5.77	6.88	50.26	6.85	2.62
015	2256	19.69249	99.19305	2.32	5.88	7.01	48.42	6.40	2.80
016	2256	19.69253	99.19305	3.49	5.81	6.73	49.93	7.20	2.36
017	2255	19.69257	99.19304	2.99	5.71	6.85	50.26	5.20	2.80
018	2256	19.69261	99.19303	3.92	5.94	6.90	43.20	6.40	2.80
019	2256	19.69265	99.19302	4.07	5.89	6.78	62.40	5.20	1.20
020	2258	19.69252	99.19314	3.42	5.81	6.91	49.10	6.85	2.23
021	2257	19.69259	99.19312	4.44	5.75	6.84	54.10	6.75	2.50
022	2256	19.69251	99.19321	3.55	5.87	7.03	48.00	6.00	1.80
023	2257	19.69255	99.19320	4.33	5.80	6.94	48.00	4.80	2.40
024	2257	19.69259	99.19319	4.19	5.85	6.98	55.20	4.40	2.60
025	2257	19.69263	99.19318	4.37	5.72	6.92	50.40	4.40	2.80
026	2257	19.69267	99.19317	4.80	5.81	6.98	57.60	4.80	2.40

Los mapas de variabilidad espacial se elaboraron procurando que el color más obscuro representara el mayor valor de cada propiedad química analizada y el color más claro el menor valor. Por lo que al observarlos en conjunto se pueden determinar las zonas en las que la propiedad química se manifiesta con mayor intensidad o cantidad, por ejemplo, en la Figura 2, el % de MO se observa un color más obscuro a lo largo y ancho del área con manejo orgánico que en la de manejo convencional. Por otro lado, el mapa de pH real muestra valores más neutros en la zona orgánica que en la otra convencional, que presenta valores más ácidos.

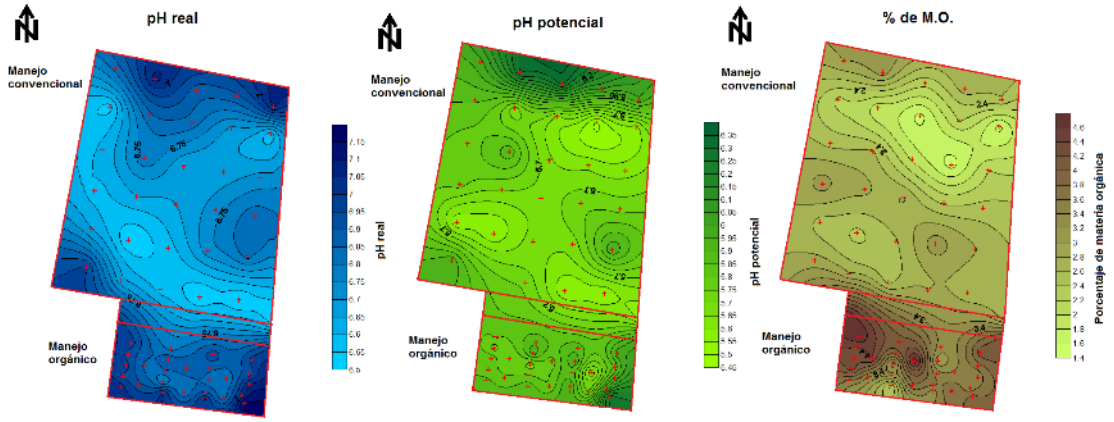


Figura 2. pH real, pH potencial y %MO. Parcela 14. FES-Cuautitlán. UNAM.

En la Figura 3 se observa la variación espacial de la concentración de Calcio, Magnesio y de la CICT. Que permite visualizar la respuesta del suelo en el área de manejo orgánico. Aunque los valores determinados en toda la parcela son adecuados, se enfatiza con estos mapas el impacto que la incorporación de abonos tiene en las propiedades químicas del suelo.

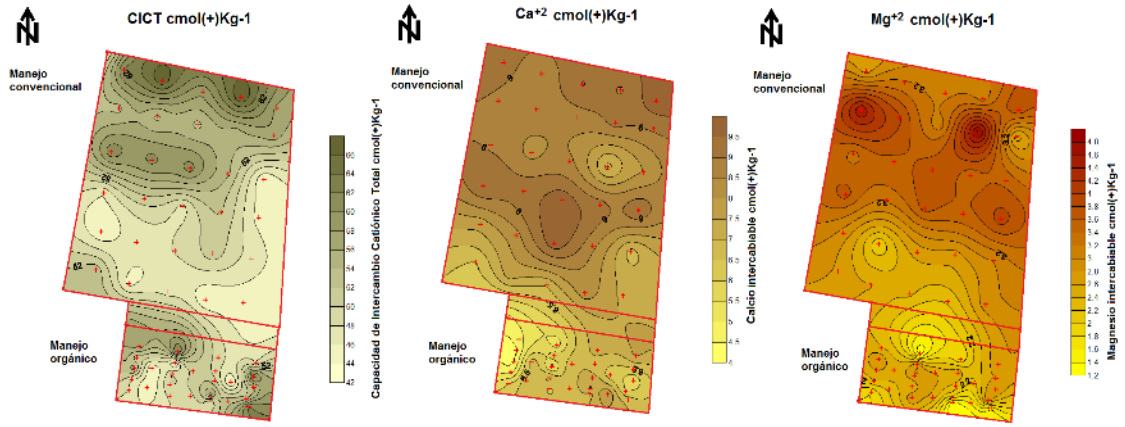


Figura 3. CICT, concentración de Calcio y Magnesio. Parcela 14. FES-Cuautitlán. UNAM.

Conclusiones

La agricultura de precisión no es simplemente la habilidad de aplicar tratamientos distintos a escala local, sino que debe ser considerada como la habilidad para controlar con precisión los conocimientos suficientes para entender todos los procesos relacionados con la producción, de modo que puedan aplicarse los resultados obtenidos para lograr una meta determinada.

La variabilidad espacial de los atributos del suelo en la parcela evaluada pone de manifiesto el impacto que el manejo orgánico de los cultivos ha mejorado las propiedades químicas del suelo. Esta variabilidad se manifiesta a lo largo y ancho de la parcela evaluada. El manejo de la información a través del programa Surfer versión 7, permite establecer estrategias para el manejo de los recursos, con el consecuente impacto en beneficio de los productores y del manejo sustentable de recursos. Cabe señalar, que existe en el mercado ya la versión 12 del programa Surfer, pero no se pudo acceder a él, por lo que se trabajó con esa versión en este trabajo.

Agradecimiento

Se agradece al personal técnico del Laboratorio de Edafología del Departamento de Ciencias Agrícolas y a la Unidad de Enseñanza Agropecuaria de la FES-C, por el apoyo recibido para el desarrollo de este trabajo.

Bibliografía

Castillo, V.X., Fonseca-Rodríguez, L.A.; Fones-García, S.; Echeverría-Velázquez, Y.U.; Chávez-Peralta, S.; Mercado-Mancera, G. 2014. Variación del rendimiento del cultivo de frijol en relación al abonado bajo condiciones de temporal. Memorias del XXXIX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Celebrado del 19 al 24 de octubre del 2014. Cd. Juárez, Chih. México.

Garzón, G.C.A., Andrés, C.C., Hernán, C.T.J. 2010. Variabilidad especial de algunas propiedades químicas en un entisol. Rev. U.D.C.A. &Div. Cient. 13(1): 87-95.

Jaramillo, J.D., Gonzalez, S.H., Álavarez, M.F. 2008. Variabilidad especial de algunas propiedades fisico-químicas de suelos de textura pesada. Revistas CES Medicina Veterinaria y Zootecnia 3(2): 10-19.

Ortega, B.R., Flores M.L. 1999. Agricultura de Precisión: Introducción al manejo sitio-específico. Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu. Chillán, Chile.

Ovalles, F. 1992. Metodología para determiner la superficie representada por muestras tomadas con fines de fertilidad. FONAIAP-CENAIAP-IIAG. Maracay. 44 p.

Rodríguez, R.M. 2014. Normal climática de la Estación Meteorológica Almaraz, Cuautitlán Izcalli, México (1987-2013). Tesis de Licenciatura Ingeniería Agrícola. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.

Valencia, I.C.E., Hernández, B.A. 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.

Valvuena, C.C.A., Martínez, M.L.J., Giraldo, H.R. 2008. Variabilidad espacial del suelo y su relación con el rendimiento de mango (*Mangifera indica* L.). Rev. Bras. Frutic. 30(4): 1146-1151.

VOLATILIZACIÓN DE NITRÓGENO EN HUERTOS DE AGUACATE *(Persea americana Mill)* BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN LA REGIÓN DE URUAPAN, MICHOACÁN

Ponce-García, OC[1*]; Sánchez Hurtado, AC[1], Pérez-Sánchez, RE[1], García-Saucedo, PA[1], Hernández-Valdés, EF[1]

[1]Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez". Uruapan, Michoacán. México.

*Autor responsable: omarcpg@gmail.com. Paseo Gral. Lázaro Cárdenas S/N Col. Viveros, Uruapan, Michoacán. México. CP. 60170; Tel. 4521253706

Resumen

El nitrógeno es el fertilizante que se pierde con mayor abundancia, y la volatilización es una de las vías menos estudiada al respecto. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue evaluar las pérdidas por volatilización de nitrógeno en huertos de aguacate bajo condiciones de temporal. El experimento se realizó en el municipio de Uruapan, Michoacán y se implementó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos (Urea, Urea de lenta liberación, nitrato de calcio y testigo) y tres repeticiones. Los resultados muestran que la urea fue el tratamiento con mayor volatilización seguido por la Urea de lenta liberación y el nitrato de calcio no mostró respuesta.

Palabras clave

Pérdida, Amonio, Fertilizantes

Introducción

México es el principal productor de aguacate a nivel mundial, con una producción anual en 2013 de 1, 467,838 Mg, dejando una derrama económica de 18, 060,177 miles de pesos. Michoacán es el principal estado productor de aguacate, aportando el 81.3% de la producción nacional en 2013 (SIAP, 2015). Para mantener esta producción, es necesario realizar aplicaciones de insumos químicos como herbicidas, plaguicidas y fertilizantes (Castellanos y Peña, 1990). La aplicación de fertilizantes es una de las practicas esenciales para el manejo del cultivo ya que tiene como objetivo aumentar la concentración de nutrientes en la solución del suelo y satisfacer las demandas nutrimentales (Teliz, 2000). Sin embargo, para incrementar la producción de aguacate, son realizadas aplicaciones excesivas de insumos, siendo el nitrógeno el elemento que se incorpora con mayor abundancia ya que es un elemento indispensable para la fotosíntesis y por ende la producción (Tapia*, et al,* 2007). Las aplicaciones altas, el deficiente manejo agronómico y los procesos naturales han provocado que el Nitrógeno sea el elemento que genera los mayores niveles de contaminación al medio, perdiéndose aproximadamente el 40% del total aplicado (Castellanos, *et al* 2000). Existen diferentes vías de perdida de nitrógeno entre las que se encuentran la Desnitrificación, Fijación de Amonio, Escorrentía, Lixiviación y Volatilización (Afif *et al,* 2006). La vía y cantidad en que se pierde el Nitrógeno es muy variable

debido a las características físico-químicas del suelo de cada región y el manejo de agua que se le da (Castellanos., et al 2000). En la región productora de aguacate en Uruapan Michoacán se ha realizado muy poco estudio sobre las pérdidas de nitrógeno por volatilización. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue determinar las pérdidas por volatilización de nitrógeno en huertos de aguacate bajo condiciones de temporal.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en el huerto de aguacate "ATHIS" ubicado en el municipio de Uruapan, Michoacán 19º 24' 50.14" N 102º 0' 11.69" W. La edad del huerto es aproximadamente de 38 años y no cuenta con riego, las plantas obtienen el agua del temporal de lluvias. Se tomó una muestra de suelo a los 30 cm de profundidad y se realizó una caracterización física del suelo según la norma oficial mexicana NOM-021-RECNAT-2000, en el cual determinó que el pH del suelo es de 5.7, textura franco arenosa, densidad aparente de 1.3 Mg m^{-3}, porosidad de 41.8%, porcentaje de saturación de 78.38%, capacidad de campo 42.12% y una cantidad de materia orgánica de 1.71 %.

Se elaboró un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos consistieron en un testigo (sin aplicación de Nitrógeno), urea, urea de lenta liberación (Agrocote) y nitrato de calcio, aplicados en cantidades de 300 Kg N ha^{-1}. La fertilización se dividió en tres aplicaciones para la urea y el nitrato de calcio, y una sola aplicación para la urea de lenta liberación. Sobre la zona de aplicación, se instalaron trampas de amoniaco basado en la captura de una solución de ácido bórico (4%) Cada semana se cambió la trampa instalada en campo y se llevó al laboratorio de la Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez" para ser analizada. Las trampas se montaron después de realizar la primera aplicación de fertilizante, el primer muestreo se realizó el día 18 de Julio y la última toma de datos se realizó el 30 de Octubre del 2013. Las variables medidas fueron: concentración de amonio capturado, temperatura del suelo (Dentro de la trampa y en la parte externa) y precipitación pluvial. Para analizar la cantidad de amonio se siguió la metodología de Nessler.

Resultados y Discusión

Durante el experimento las temperaturas que se tuvieron dentro y fuera de la trampa se muestran en la Figura 1. Se puede observar que la temperatura externa fue ligeramente mayor que la temperatura interna de trampa. Las temperaturas encontradas bajo la copa del árbol al momento del muestreo (Medio día) fluctuaron entre los 20 y 24°C.

En la figura 2 se muestra la precipitación durante el experimento de campo. Se observa que la precipitación durante las aplicaciones de fertilizante se mantuvo entre los 33 y 106 mm. En la segunda aplicación existe un incremento en la temperatura a uno de sus puntos máximos y la precipitación disminuye. Finalmente en la tercera aplicación la temperatura disminuyó y la precipitación incrementó.

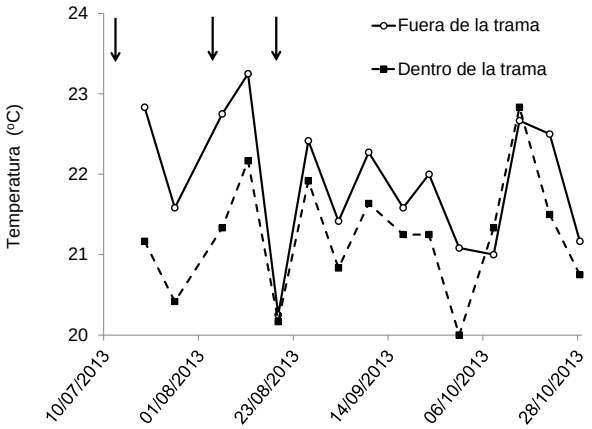


Figura 1. Temperatura dentro y fuera de la trampa Durante el experimento en campo.

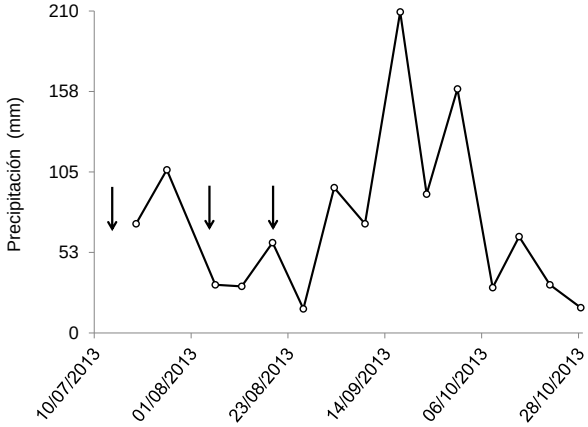


Figura 2. Precipitación bajo la copa del árbol durante el experimento en campo.

↓ Flechas indican el momento de aplicación de fertilizante nitrogenado

En la figura 3 se destacan los picos de volatilización de amoniaco a partir de la aplicación de la urea, en menor medida la urea de lenta liberación y el tratamiento nitrato de calcio se comportó de manera similar al tratamiento testigo ya que no mostraron respuesta en la volatilización. Estos resultados coinciden con lo reportado por Barbieri *et al* (2010) en el que la urea de lenta liberación redujo la volatilización con respecto a la urea convencional.

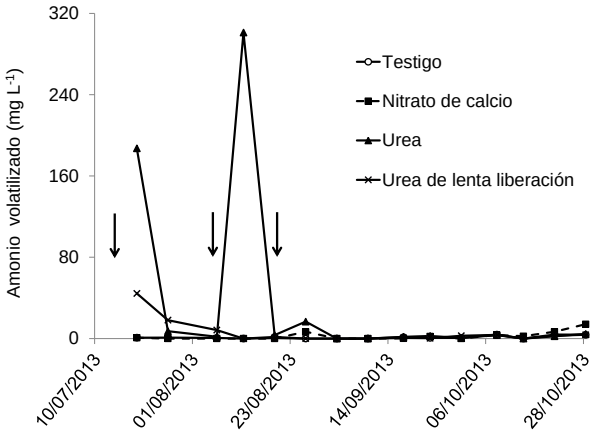


Figura 3. Respuesta de volatilización de amonio durante el temporal de lluvias 2013 en Uruapan, Mich. después de la aplicación de tres tipos de fertilizantes de síntesis química.

↓ Flechas indican el momento de aplicación de fertilizante nitrogenado.

Durante la segunda aplicación se observa el pico más alto de volatilización. Esta situación coincide con un incremento de temperatura y una disminución en la precipitación. De acuerdo con Barbieri y Echeverría (2003), la baja en la precipitación y el aumento de 22.2°C favorecen la Volatilización de amoniaco. Finalmente en la tercera aplicación se observa una baja respuesta en la volatilización, debido a las condiciones climatológicas caída de temperatura e incremento de la precipitación (Barbieri y Echeverría, 2003).

Conclusiones

Existió volatilización en los huertos de aguacate bajo condiciones de temporal, siendo el fertilizante con mayor pérdida de nitrógeno la urea.

Bibliografía

Afif, E. 2006. Dinámica de nutrientes en suelos. Olivera, J.A., y Mayor, M. Análisis de suelos y plantas y análisis de abonado. pp 34-35 Universidad de Oviedo. España.

Barbieri, P.A., Echeverría, H.A., Sainz- Rososa, H.R. y Maringolo, M. 2010. Fertilización de maíz con urea de liberación lenta: Pérdida por volatilización y eficiencia de uso de nitrógeno. Ciencia del suelo (Argentia). Vol. 28(1). pp. 57-66.

Barbieri, P.A., y Echeverría, H.A. 2003. Evaluación de las pérdidas de amoniaco desde urea aplicada en Otoño y Primavera a una pastura de agropiro alargado (*Thinopirum ponticum).* Revista de investigaciones Agropecuarias. Vol. 32(1): 17-29

Castellanos J.Z. y J.J. Peña-Cabriales. 1990. Los nitratos provenientes de la agricultura: Una fuente de contaminación de los acuíferos. Terra 1(8): 113-126.

Castellanos, J.Z., Uvalle-Bueno, J.X. y Aguilar-Santelises, A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos, aguas agrícolas, plantas y ECP. Segunda Edición. INIFAP-Guanajuato. Chapingo-Estado de México. pp 60-81.

Leal, L.A., A, Salamanca y S, Sadeghian. 2007. Pérdidas de nitrógeno por volatilización en cafetales en etapa produtiva. Cenicafé. 58(3): 216-226.

NOM-021-RECNAT-2000. Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, studio, muestreo y análisis. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

SAGARPA. (s.f.). *Cierre de la producción agrícola por cultivo*. Recuperado el 16 de Enero del 2015, de http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/.

Tapia, L.M., Marroquin, F.J., Cortés I., Anguiano, J. y Castellano, J.Z. 2007. Nutrición de aguacate. En: Daniel Teliz (Ed). El aguacate y su manejo integrado. Mundi Prensa. México. México. Pp 121.

Teliz, D. 2000. El aguacate y su manejo integrado. Ediciones Mundi Prensa. México. Pp. 219.

EVALUACION DE TRES FUENTES DE POTASIO EN LA FERTILIZACIÓN DE CHAYOTE (*Sechium edule* Sw) CULTIVADO EN EL ESTADO DE VERACRUZ

Rosas-Calleja D[1*]; Ortíz-Laurel, H[2]

[1]Colegio de Postgraduados Campus Córdoba 1. Amatlán de los Reyes, Veracruz. México.
[2]Colegio de Postgraduados Campus Córdoba 1. Amatlán de los Reyes, Veracruz. México.

*Autor responsable: drosasc@colpos.mx; Carretera Fed. Córdoba-Veracruz km 348 Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz. México. CP 94964; Tel. +52(272)-716-6000

Resumen

Con el objetivo de conocer la respuesta del cultivo de chayote (*Sechium edule Sw)* a la aplicación de fertilizantes potásicos. Se estableció un experimento en la parcela de un productor cooperante de la zona productora de Rafael Delgado Veracruz. Se aplicaron como fuentes cloruro, sulfato y nitrato de potasio, y de cada fuente se aplicaron niveles crecientes de K_2O. Las dosis evaluadas fueron 0, 80, 160 y 240 kg de $K_2O.ha^{-1}$. El suelo donde se estableció el huerto se clasificó con un nivel de fertilidad aceptable con un contenido medio de potasio. Durante tres meses se realizó la aplicación de fertilizantes y se registró la producción de fruta por cada unidad experimental. Se determinó el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en dos etapas del ciclo de producción observándose que los valores reportados por los análisis se encuentran en una concentración baja. Los resultados de rendimiento indican que el cultivo de chayote muestra una tendencia favorable a incrementar su rendimiento por la adición de fuentes fertilizantes. La mejor respuesta se obtuvo con la aplicación de 160 kg de nitrato de potasio. Se registró que la aplicación de cloruro de potasio, genera una clorosis en las plantas de chayote lo que implica una afectación a la planta y le impide realizar completamente su desarrollo y producción.

Palabras clave

Chayote; fertilización; potasio

Introducción

La producción de chayote en México representa el 53% de la producción a nivel mundial, y Veracruz es el principal productor a nivel nacional con una superficie mayor a las 2,000 hectáreas anuales que aportan el 87% de la producción (OEIDRUS, 2011). El chayote se produce bajo condiciones de temporal en la gran mayoría de las zonas de cultivo. De acuerdo con Lira – Saade (1996) las plantas de chayote se desarrollan muy bien en suelos ricos en materia orgánica y con un pH que va desde ligeramente ácido a ácido. Las investigaciones en México de acuerdo con lo reportado en literatura especializada, son escasas e incluso nulas con relación a las prácticas de manejo del cultivo como podas, control de plagas y enfermedades y la fertilización.

La fertilización en la siembra no se acostumbra, sino hasta el inicio de la primer floración en donde se aplica alguna fórmula completa como triple 17, triple 15, 20-10-20 o alguna otra

fórmula disponible en el mercado. Estos materiales se aplican en cantidades desde 0.5 a 1 kg de fertilizante químico por planta cada 2 o 4 semanas durante la época de producción. Algunos de los productores acostumbran la fertilización orgánica mediante la aplicación de estiércol de borrego o vacuno, algunos otros aplican gallinaza. Las cantidades que aplican van desde los 5 hasta 15 kg de material al pie de cada mata de chayote. Aun cuando se desconoce acerca de los requerimientos nutrimentales del chayote, se cuenta con información suficiente de otras cucurbitáceas como pepino, melón y sandía que pertenecen a la misma familia botánica del chayote, que señala la necesidad del aporte de macro y micronutrimentos que son esenciales para la producción (Sánchez, 2009). Por otra parte se ha señalado la importancia de la aplicación de potasio en diferentes cultivos, en los cuales provee de beneficios en la calidad y cantidad de fruto producido, ayuda a que las plantas soporten mejor el ataque de plagas y enfermedades, así como su participación en el cerrado y la apertura de los estomas, si estos no se abren y cierren adecuadamente la planta no fija suficiente CO_2 y pierde agua innecesariamente a través de la evapotranspiración (Lazcano y Herrera, 2000).

La demanda del fruto de chayote en su comercialización en fresco para mercado nacional y de exportación, aunado a una rentabilidad media, ha hecho que se incremente la superficie de producción pero sin un sustento de paquetes tecnológicos de fertilización al menos para el estado de Veracruz. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la aplicación de tres fuentes de potasio y cuatro niveles crecientes para conocer la respuesta del chayote en el rendimiento de fruta.

Materiales y Métodos

La presente investigación se realizó en una parcela de productor cooperante, localizada en el municipio de Rafael Delgado (Figura 1), ubicado en la zona central montañosa del estado de Veracruz, en las coordenadas 18° 49" Latitud Norte y 97° 04" Longitud Oeste, a una altura de 1,160 metros sobre el nivel del mar; con una temperatura media anual de 23.5° C y una precipitación anual media de 2,530mm. Su clima es templado-húmedo con lluvias abundantes en verano y principios de otoño y lloviznas en invierno.

Figura 1. Ubicación geográfica del sitio experimental

El huerto se instaló en el mes de enero, la siembra se realizó con una distancia entre plantas de 8m y entre hileras de 10m. Se aplicaron 10kg de estiércol de borrego alrededor de cada cepa de siembra y se dio un riego de auxilio, esta es la única fertilización que hace el agricultor en cada ciclo de producción, ocasionalmente hace aplicación de sulfato de amonio o urea a la

mitad del ciclo de producción. Previo a la instalación del huerto, se realizó un muestreo de suelos con el propósito de hacer los análisis de rutina de fertilidad de suelos. En el mes de abril cuando la planta empezó su floración, se inició la aplicación de los tratamientos a evaluar, los cuales consistieron en aplicar 3 fuentes potasio: Sulfato de potasio, Nitrato de potasio y Cloruro de potasio. De cada fuente se aplicaron 4 dosis: 0, 80, 160 y 240 kg. Ha^{-1}. Se distribuyeron los tratamientos en bloques al azar con tres repeticiones, con lo cual se generaron 36 unidades experimentales.

La aplicación de fertilizante se realizó colocando el material en semicírculo y tapándolo, esto se hizo cada 22 días. En el mes de abril se hicieron riegos cada dos semanas por la ausencia de lluvias. Una vez al mes, el agricultor acostumbra hacer aspersiones de pesticidas para el control de plagas y enfermedades. La plantación se evaluó por un periodo de 4 meses que es cuando presenta sus puntos más altos de producción. La cosecha se hace de forma manual dos veces por semana y cada semana en los meses de mayor producción. La primer semana de los meses de mayo a agosto se registró el número de los frutos comerciales así como el peso de los mismos de acuerdo a cada tratamiento. En la tercer semana de mayo y la tercer semana de junio cuando el cultivo estaba en su máxima floración, se realizaron muestreos de material vegetal para ser analizados en laboratorio y determinar su contenido nutrimental. Para ello se cortó la quinta hoja recientemente madura de acuerdo con las experiencias de Pacheco *et al*, (1990) y se enviaron a laboratorio para su análisis correspondiente.

Resultados y Discusión

El resultado del análisis de fertilidad del suelo, muestra que es un suelo con contenidos por encima de la media de los diferentes nutrientes (Cuadro 1). Estos valores están muy relacionados con la aplicación de abono orgánico por parte del productor en cada ciclo del cultivo, por lo que se puede considerar un suelo con un nivel de fertilidad aceptable o bueno. Sin embargo, cabe señalar que el potasio que fue nuestro elemento en estudio muestra un nivel medio, por lo tanto se observa respuesta del cultivo a la aplicación adicional del potasio. Por otro lado, aun cuando el suelo tenga un nivel de fertilidad aceptable, se debe considerar la demanda nutrimental por parte del cultivo. En el caso de las cucurbitáceas, que es la misma familia a que pertenece el chayote, se sabe son altamente demandantes de potasio y fósforo. Grangeiro y Cecilio – Filho (2005) indican por ejemplo que el cultivo de sandía tiene una alta demanda de nitrógeno y potasio.

Cuadro 1. Resultado de los análisis químicos en el suelo del huerto de Chayote en Rafael Delgado, Veracruz.

Variable	Resultado	Interpretación¶
pH	7.30	Neutro
Materia orgánica	2.89	Moderadamente alto
N ($mg.kg^{-1}$)	38.6	Alto
P ($mg.kg^{-1}$)	31.96	Alto
K ($mg.kg^{-1}$)	340	Medio
Ca ($mg.kg^{-1}$)	8561	Muy alto
Mg ($mg.kg^{-1}$)	383	Medio
Fe ($mg.kg^{-1}$)	77.13	Excesivo
Mn ($mg.kg^{-1}$)	12.29	Moderadamente alto
Cu ($mg.kg^{-1}$)	6.93	Moderadamente alto
Zn ($mg.kg^{-1}$)	2.71	Moderadamente alto
B ($mg.kg^{-1}$)	1.19	Medio
Textura	Franco arcillosa	

¶ Castellanos et al (2000)

La fertilización química con aporte de potasio al cultivo de chayote, mostro que incrementa los rendimientos en comparación con el tratamiento en que no se aplicó fertilizante potásico. La respuesta del cultivo en el rendimiento acumulado de fruta cosechada, por la aplicación de diferentes fuentes así como a niveles crecientes mostró lo siguiente. Cuando se aplicaron las fuentes de cloruro y sulfato de potasio las respuestas fueron muy similares (Figura 2). Se obtuvo respuesta hasta con 80kg.ha^{-1} de potasio, después de esto el rendimiento no tiene incremento sino que incluso tiende a una disminución. Pacheco *et a*l (1990) citan que de acuerdo con el nivel de fertilidad del suelo, se recomiendan dosis desde 32 hasta 126 kg.ha^{-1}, lo cual tiene correspondencia con la respuesta que se registró en este caso. Aun cuando la aplicación de cloruro o sulfato muestra que no hay diferencia de su efecto en el rendimiento, se observó durante el desarrollo del cultivo lo siguiente. Después de fertilizar por tres meses con cloruro de potasio, las plantas presentaron una clorosis paulatina pero generalizada en toda la planta. Este amarillamiento se volvió más intenso, sin embargo a pesar de ello la planta continuaba con crecimiento de guías y presencia de floración aunque limitada. Se ha reportado el caso de algunos otros cultivos como amaranto, en donde aplicaciones superiores a 60kg.ha^{-1} de cloruro potasio afectaron de manera significativa el desarrollo y rendimiento del cultivo (Valverde, 1991).

Por otro lado, la aplicación de nitrato de potasio muestra una tendencia diferente, hubo respuesta hasta con 160 kg.ha^{-1} generando un rendimiento hasta en un 50% mayor con respecto a los rendimientos obtenidos con la aplicación de sulfato y cloruro. Esto indica que estas diferencias en las fuentes utilizadas están fuertemente relacionadas al ión acompañante.

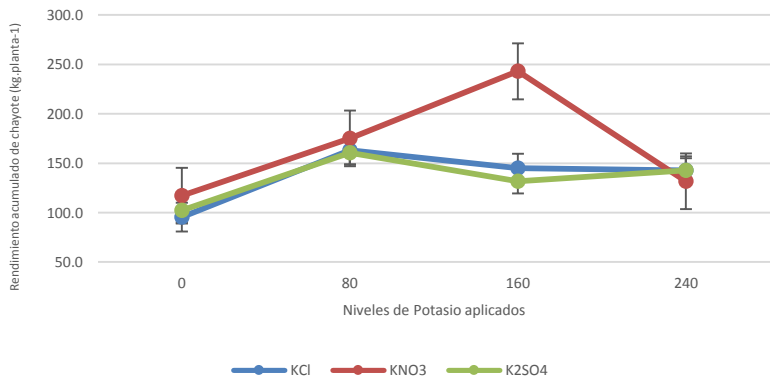


Figura 2. Efecto de la fuente y dosis de potasio sobre el rendimiento de chayote (*Sechium edule Sw*)

El efecto de las distintas fuentes de potasio aplicadas al chayote, muestran una respuesta diferenciada. Para el caso de cloruro y sulfato de potasio, el rendimiento obtenido con ambas fuentes es muy similar. Sin embargo, se aprecia que no hay diferencia en el incremento de rendimiento por efecto de las dosis aplicadas, solo la hay con respecto al testigo. Es probable que el ion cloruro se muestre como un factor limitante para el incremento de rendimiento como se reportó en la experiencia para amaranto. Cuando se aplicó sulfato de potasio, se observó una favorable respuesta en el incremento de rendimiento cuando se aplicaron 80kg.ha^{-1} con relación al tratamiento testigo, la diferencia en incremento es de aproximadamente el 50%. Para el caso de nitrato de potasio se observó que la aplicación de 160kg.ha^{-1} como K_2O tiene un efecto importante en el incremento de rendimiento con relación al tratamiento testigo. Los tratamientos que recibieron la aplicación de nitrato y sulfato, mostraron su pico de producción en junio, en tanto que para el caso de cloruro, se extendió ese periodo de producción hasta el

mes julio.

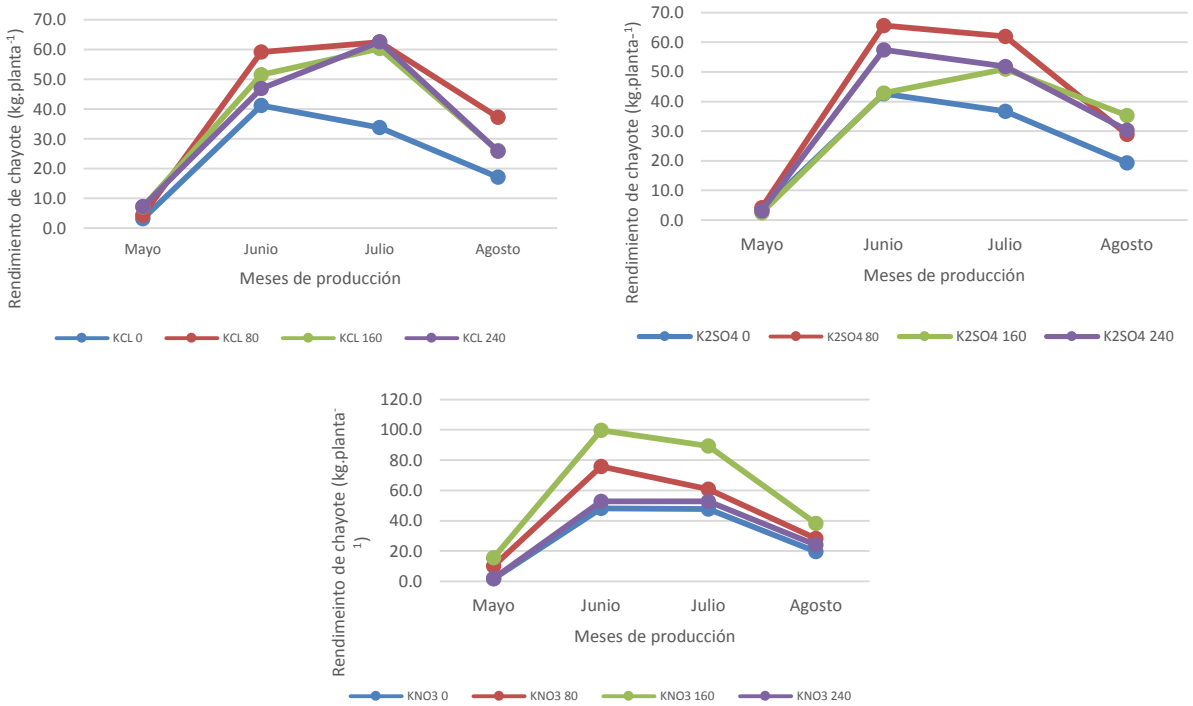


Figura 3. Rendimiento de chayote (*Sechium edule Sw*) por efecto de aplicación de cloruro, sulfato y nitrato de potasio.

Respecto de la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en tejido vegetal de chayote, se encontró que los valores coinciden con lo reportado por Pacheco *et a*l (1990). Consultando manuales de interpretación de análisis vegetales, y revisando los estándares establecidos para sandía, melón, calabacita y pepino. Se aprecia que los valores de nitrógeno y potasio se encuentran en el rango de contenido bajo a deficiente. Por lo cual se infiere que las concentraciones reportadas en esta investigación podrían estar en un rango de valores bajos al no tener un estándar de comparación (Jones *et al*, 1991). De manera general se aprecia en los datos (Cuadro 2) que las concentraciones más altas de nitrógeno y potasio en promedio son del tratamiento con nitrato de potasio.

Conclusiones

Aun cuando no hay reportes científicos especializados para contrastar de manera significativa los resultados de esta investigación. Se establece que el cultivo de chayote (*Sechium edule Sw*) responde a la aplicación de fertilización potásica. La fuente con mejor respuesta de incremento de rendimiento fue nitrato de potasio, seguida por cloruro y sulfato de potasio respectivamente. Se observó que con la aplicación de cloruro de potasio se favorece una condición de amarillamiento en el cultivo lo cual debe limitar la capacidad de desarrollo y rendimiento del cultivo. Por lo anterior, es altamente recomendable el desarrollo de más investigación al respecto, ya que este es un cultivo de alto potencial en la generación de recursos y empleos en las zonas productoras del estado de Veracruz.

Cuadro 2. Concentración foliar (%) de nutrimentos en tejido vegetal de chayote de acuerdo con los tratamientos evaluados

	N	P	K	N	P	K
		1er muestro			2º muestreo	
Cloruro 0	2.94	0.46	2.78	2.85	0.33	2.85
Cloruro 80	2.54	0.43	2.55	2.79	0.41	2.96
Cloruro 160	2.44	0.42	2.34	2.69	0.45	2.78
Cloruro 240	2.54	0.54	2.72	2.95	0.49	2.98
Sulfato 0	2.76	0.44	2.85	2.96	0.48	3.00
Sulfato 80	3.86	0.47	2.33	4.09	0.54	2.85
Sulfato 160	3.65	0.50	2.64	4.10	0.45	2.85
Sulfato 240	2.64	0.42	2.72	3.25	0.45	2.93
Nitrato 0	2.65	0.50	2.90	2.69	0.45	2.78
Nitrato 80	2.74	0.40	2.78	3.98	0.43	3.01
Nitrato 160	3.65	0.50	3.06	4.02	0.54	2.98
Nitrato 240	4.06	0.51	2.12	4.22	0.45	2.78

Bibliografía

Castellanos, J.Z., J. X. Uvalle – Bueno y A. Aguilar – Santelises. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2a Edición.

Grangeiro, L.C., A. B. Cecilio- Filho. 2005. Acumula e exportacao de macronutrimentes pelo hibrido de melancia Tide. Horticultura Brasileira. 23:763-767

Jones, J. B. Jr., B. Wolf and H. A. Mills. 1991. Plant Analysis Handbook. Micro – Macro Publishing, Inc Athens, Georgia. USA

Lazcano, I., y A. Herrera. 2000. El potasio ayuda al maíz a soportar el estrés hídrico. Informaciones agronómicas 4(2). Instituto de la Potasa y el Fosforo..

Lira – Saade, R. 1996. Chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw. Promoting the conservation and use of under utilized and neglected. Crops 8. IPGRI. Rome. Italy

OEIDRUS (Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable) 2011. Monografía del chayote. Secretaria de desarrollo agropecuario rural y pesca del estado de Veracruz. México.

Pacheco, R., C. Soto y E. Valverde. 1990. Respuesta del chayote (*Sechium edule* Sw) a dosis crecientes de nitrogeno en el valle de Ujarrás. Turrialba 40(3): 304-310.

Sánchez, P. 2009. Nutrientes esenciales para las cucurbitáceas, 5-7. Manejo integral de la nutrición en el cultivo de cucurbitáceas.

Valverde, M. F. 1991. Efecto del nitrógeno y potasio en el desarrollo y rendimiento de amaranto (Amaranthus hypochondriacus L) tipo Mercado. Tesis de Maestria en Ciencias. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Monntecillos. México.

CAMBIOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE UN SUELO DE LERMA, EDO MÉXICO ENMENDADO CON VERMICOMPOSTA

Sánchez-Ramírez, H[1*]; Carrasco-Salero, F[1]; Santana-Velasco, DL[1]

[1]Universidad Tecnológica del Valle de Toluca. Santa María Atarasquillo, Lerma, Estado de México.

*Sánchez-Ramírez, H. horte_417@yahoo.com.mx; Carr. del Departamento del D.F. Km 7.5. Santa María Atarasquillo, Lerma, México. C.P. 52014. (728)-2859552 ext. 222.

Resumen

El presente trabajo pretende determinar el estrés microbiano derivado de la actividad metabólica de los microorganismos de una vermicomposta con estiércol, para establecer su calidad como acondicionador del suelo. El vermicomposteo es una forma de reutilizar los desechos animales para convertirlos en abono orgánico. El objetivo del estudio es determinar el CO_2 producido por una vermicomposta a diferentes tiempos de incubación. La vermicomposta se elaboró con tres diferentes dosis de estiércol: 4, 8 y 10 ton ha^{-1} que equivalen a 600, 1600 y 2000 g de peso en seco de estiércol respectivamente, por un periodo de 60 días; en ese lapso se obtuvieron muestras a 15, 30 y 60 días del proceso de vermicomposteo para la determinación del CO_2, la cual se llevó en una trampa alcalina en recipientes de vidrio con cierre hermético incubados durante 15 días a 25°C. Se determinó el CO_2 desprendido por los microorganismos mediante la valoración del NaOH con HCl. Los resultados en mg CO_2/100g SS indican que en el tratamiento a 10 ton ha-^{1} el desprendimiento de CO_2 es mayor (6440.76 a 15 días, 9856.27 a 30 días y 6785.62 a 60 días). Y con relación a los diferentes días de incubación a 60 días, los tratamientos de 4, 8 y 10 ton ha^{-1}son muy similares que casi no hay diferencias. Por lo que se puede concluir que los microorganismos están más estresados en los primeros días de incubación (15 y 30 días) y por lo tanto presentan mayor actividad biológica.

Palabras clave

Abono orgánico, enmiendas, fertilización, lombricomposta, respiración microbiana.

Introducción

Los abonos orgánicos son un producto altamente demandado, los abonos más comunes son las compostas convencionales, aunque también se aplican otro tipo de abonos orgánicos como, la vermicomposta, abonos verdes, residuos de cosechas, y residuos orgánicos industriales (Orozco *et al.,* 1996). Entre los diferentes abonos orgánicos varían sus nutrimentos, características físicas y composición química, pero la aplicación constante de ellos, se ha visto que mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo. La vermicomposta contiene sustancias activas que actúan como reguladoras de crecimiento, posee gran CIC, así como un alto contenido de ácidos húmicos, además de gran capacidad de retención de humedad, porosidad elevada que facilita la aireación y drenaje del suelo y de los medios de crecimiento (Castillo *et al*., 2000). La lombriz de tierra (*E. fetida)*, es una especie que se reproduce rápidamente, alcanza en poco tiempo altas densidades de población, cava túneles

en el suelo blando y húmedo, succiona o chupa el desecho orgánico y digiere de ella las partículas vegetales o animales en descomposición, expulsando los elementos no digeribles y los residuos metabólicos, que son los que forman el humus (Ndegwa *et al*., 2000) y es el componente principal en la elaboración de la vermicomposta.
Debido a la demanda de productos alimenticios para satisfacer las necesidades de la población, el suelo se ha degradado, por lo que se están buscando alternativas para aumentar la fertilidad de los suelos de tal forma que permitan hacer un uso más eficiente y sostenible del mismo (Santamaría *et al*., 2001). Los fertilizantes químicos y plaguicidas tienen un alto costo, además de que su aplicación puede provocar daños al ambiente, los cuales impactan con el paso de los años a la salud humana. La agricultura orgánica es una alternativa para la producción sostenida de alimentos limpios y sanos; ya que no se utilizan químicos que dañen las plantas, al ser humano, el agua, el suelo y el ambiente (Alvajana *et al*., 2004., INFOAM, 2003 y Huang *et al*., 2005). El objetivo del presente estudio es determinar el CO_2 en $mgCO_2$/100gSS producido por una vermicomposta a diferentes tiempos de incubación y analizar cuál es la dosis es la óptima como acondicionador del suelo.

Materiales y Métodos

El suelo agrícola (SA) fue obtenido de una parcela en las inmediaciones de la Universidad Tecnológica del Valle de Toluca (UTVT) con un muestreo sistemático, la parcela es de uso agrícola de temporal donde se cultiva comúnmente haba, trigo, maíz y avena. De acuerdo a la FAO el suelo es *Cambisol vertico* asociado a *Feozem háplico,* con textura fina. Se obtuvieron 20 muestras de suelo de 1 kg con ayuda de una barrena, considerando los primeros 20 cm de profundidad. Posteriormente se elaboró una muestra compuesta, la cual se dejó secar a temperatura ambiente y a la sombra; se homogenizo y se cuarteo para obtener una muestra compuesta. Una cuarta parte se destinó para los análisis preliminares y el resto se utilizó en el experimento.
El muestreo del abono orgánico (AO) fue de tipo preferencial en un establo de la localidad de Ixtlahuaca, en el lugar donde se deposita el estiércol de los animales. Se obtuvieron 20 muestras de 1 Kg con ayuda de una pala, para elaborar una muestra compuesta, la cual se secó al aire y a la sombra; se cuarteó y homogeneizó. Una cuarta parte para los análisis preliminares y el resto se utilizó en el experimento.
La lombriz de tierra (*E. fetida*), roja californiana que se utilizó fueron individuos de color rojo tenue, característico de lombrices jóvenes, con el clitelum bien desarrollado (anillo de mayor tamaño localizado en la segunda sección del cuerpo), lo que indica que sexualmente están desarrolladas; con una longitud de 4 a 6 cm y un peso de 0.5 g por individuo.
A partir de las muestras compuestas de AO y SA se prepararon diferentes mezclas de vermicomposta y se colocaron en recipientes de plástico (40 X 30 X 15 cm). Las dosis fueron 4, 8 y 16 ton ha^{-1} de AO. Para cada tratamiento se homogeneizó y al día siguiente de preparadas las tinas del experimento se le agregaron 10 lombrices a cada tratamiento, elaborados los tratamientos se trasladaron al invernadero y se mantuvieron por un periodo de 60 días procurando que no se secaran. Se tomaron muestras de los tratamientos a los 15, 30 y 60 días después de iniciado el proceso de vermicomposteo.
Las muestras de SA y las diferentes dosis de AO se analizaran en el laboratorio de acuerdo a (NOM-021-SEMARNAT-2000). Los análisis determinados fueron pH por el método AS-02, conductividad eléctrica (CE) con un conductivímetro, textura por el método de Bouyoucos, materia orgánica (MO) por calcinación y respiración microbiana.

La respiración se determinó por el método de la evolución de CO_2 (bióxido de carbono) vía trampa alcalina (Brewer y Sullivan, 2003). El procedimiento de incubación, se realizó en recipientes de vidrio con cierre hermético y se llevaron a una incubadora a 25º C durante 15 días. El experimento se realizó por triplicado para cada tratamiento. Se prepararon 3 blancos (3 recipientes de cristal con cierre hermético sin suelo Se realizaron determinaciones de CO_2 desprendido diariamente, en los días no laborales se colocó el NaOH a concentración doble (0.2 N).
Para la captura del CO_2 se sacaron los viales de NaOH del día anterior y se sustituyeron por otros con 10 mL de NaOH de normalidad conocida. Se determinó el CO_2 desprendido mediante la valoración del NaOH con HCl de normalidad igual al NaOH.

Resultados y Discusión

De acuerdo a la clasificación de la *(*NOM-021-*SEMARNAT*-2000), el pH del SA es neutro (6.6), mientras que el AO es fuertemente alcalino (9.1), la CE del SA es muy baja (0.21 µs/cm) mientras que el AO habrá que poner un valor (2600 µs/cm). La MO del SA fue 2.95 que se considera de clase muy baja y para el AO fue mayor (20%) y la textura del SA resulto franco arcilloso. Los resultados de respiración se presentan en $mgCO_2$/100gSS (gramos de suelo seco).
La respiración basal del sustrato, medida indirectamente como CO_2 en la vermicomposta a 15 días se observa en la Figura 1, se puede aseverar que la mayor actividad microbiológica se presentó en la dosis de 10 ton ha^{-1} de AO con un valor de 616.64 $mgCO_2$/100gSS para la incubación correspondiente al día 1 de aplicado el estiércol y al final de la incubación 6440.76 $mgCO_2$/100gSS. De acuerdo a Jezierska y Frac (2008), la respiración microbiana es solo uno de los métodos para la determinación de la actividad microbiana y depende de la disponibilidad de MO y tamaño de las poblaciones microbianas Jezierska y Frac (2008). Mientras que el valor al final de la incubación es menor y similar para los tratamientos con 4 y 8 ton ha^{-1} de AO con 5909.61 y 5978.26 respectivamente de $mgCO_2$/100gSS.

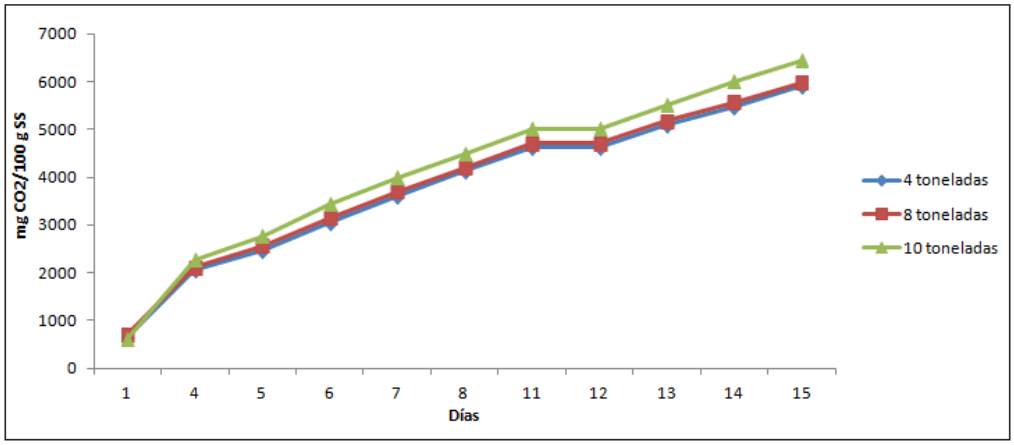


Figura 1. Respiración a 15 días del proceso de vermicomposteo

A 30 días del proceso de vermicomposteo, la evolución de $mgCO_2$/100gSS aumento a diferencia de lo obtenido a 15 días (Fig. 2), esto puede deberse a que las condiciones de pH y MO para los microorganismos fueron más estables, haciendo más disponible el carbono orgánico de fácil degradación al adicionarle el estiércol. Lo que se aprecia para los tres tratamientos es que incrementan su velocidad de acumulación después del cuarto día de incubación provocando que los organismos desintegradores se multipliquen rápidamente al

encontrar, de forma fácil, una forma de energía y nutrimentos asimilables. Sin embargo, la sumatoria de los valores de respiración (Σ), que representa la producción total acumulada de CO_2 en el AO durante 15 días, muestra niveles que se incrementan respecto al tiempo de tal forma que al final 10 ton ha^{-1} de AO con un valor de 9856.28 $mgCO_2$/100gSS, 8 ton ha^{-1} 9042.07532 $mgCO_2$/100gSS es mayor que 4 ton ha^{-1} 7013.83 $mgCO_2$/100gSS.

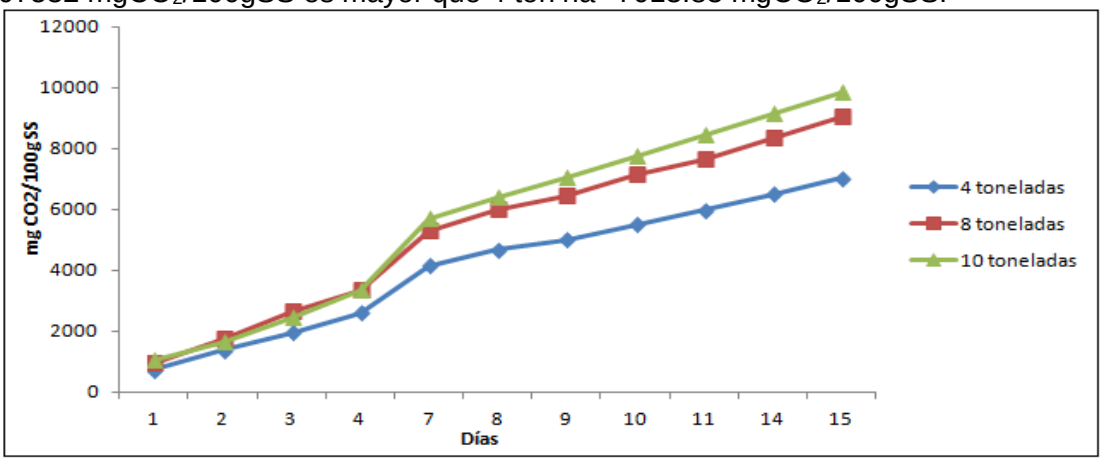


Figura 2. Respiración a 30 días del proceso de vermicomposteo

Finalmente a 60 días del proceso de vermicomposteo (Fig. 3), se muestran los valores acumulados de la producción microbiana de CO_2 de la incubación durante un periodo de 15 días bajo condiciones aptas de temperatura y humedad. En ella se observa que al final de la incubación en 8 ton ha^{-1} de AO (7815.19 $mgCO_2$/100gSS) presenta la curva más ascendente de producción acumulada de CO_2 y en 10 ton ha^{-1} de AO (6785.62 $mgCO_2$/100gSS) y finalmente en 4 ton ha^{-1} de AO (6265.01 $mgCO_2$/100gSS). Los tratamientos de 4 y 10 ton ha^{-1} de AO presentan las curvas menos ascendentes. Se observa los tres tratamientos incrementan su velocidad de acumulación después del cuarto día de incubación. Es probable que la mineralización del C en la dosis alta se haya dado a una mayor velocidad durante el desarrollo del cultivo atrayendo a más microorganismos, por lo que al llegar al final del desarrollo del cultivo ya no se encontró mayor contenido de C mineralizado.

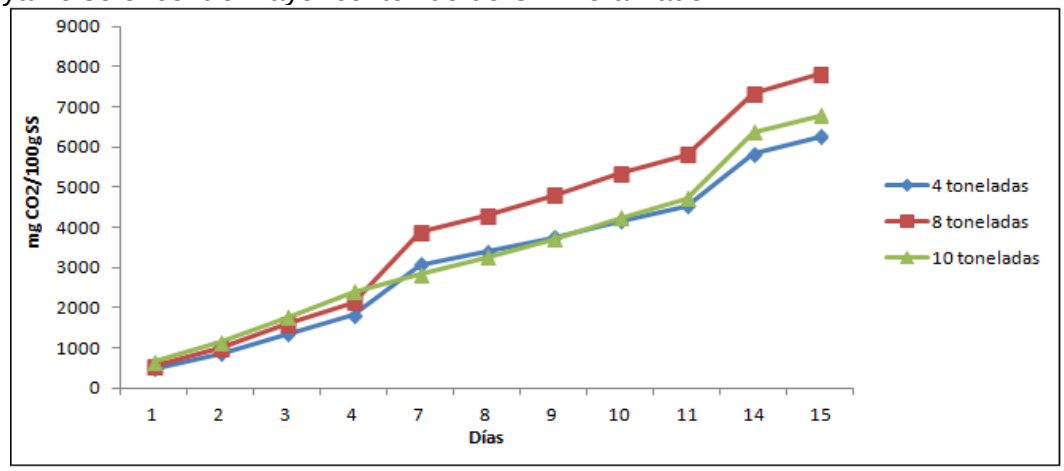


Figura 3. Respiración a 60 días del proceso de vermicomposteo

La lombriz promueve la actividad microbiana incrementando el área superficial para su posterior colonización microbiana, durante este proceso los nutrimentos como el nitrógeno, potasio, fosforo y calcio presentes en el estiércol, se convierten en formas más solubles y disponibles para la planta. Las lombrices son voraces consumidores de los residuos orgánicos y utilizan

solo una pequeña proporción para la síntesis en su cuerpo, ellas excretan gran parte de este desecho material en forma digerida; ya que en el intestino de la lombriz existen microorganismos, enzimas, y hormonas, que ayudan a la desintegración. La mitad del sustrato digerido se degrada rápidamente y es transformado en forma de vermicomposta en un corto tiempo. Este proceso se lleva a cabo en un rango de temperatura de 35-40°C.

Conclusiones

Cuanto mayor es la dosis de aplicación de la vermicomposta elaborada con estiércol, aumenta la actividad microbiológica. Los valores obtenidos de $mgCO_2$/100gSS en los tratamientos con 10 ton ha^{-1} de AO, fueron los que resultaron más altos en 15 y 30 días del proceso de vermicomposteo, mientras que a 60 días el valor más alto fue para8 ton ha^{-1}. El agregar el estiércol al suelo modificó el pH y la MO en cada uno de los tratamientos.

Bibliografía

Alvajana, M. C. R.; Hoppin, J. A.; Kamel, F. 2004. "Health effects of chronic pesticide exposure: cancer and neurotoxicity. Annu". *Rev. Public Health* 25: 155-197.

Brewer, L. J. y Sullivan, D. M. "Maturity and stability evaluation of composted yard trimmings". *Compost Science & Utilization.* 2:96-112.

Castillo, E. A.; Quarín, H. S.; Iglesias, C. M. 2000. "Caracterización química y física de compost de lombrices elaboradas a partir de residuos orgánicos puros y combinados". *Agricultura Técnica (Chile)* 60: 74-79.

Huang G.F., Wong, J., Nagar, B. B., Wu, Q. T. and Li, F. B. (2005). "Bioavailability of heavy metals during humification of organic matter in Pig Manure compost". htttp://www.eco-web.com/editorial/050915.html.

IFOAM International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM). 2003. "Normas Básicas de IFOAM para Producción y Procesamiento Orgánico". Victoria, Canadá. 158 pp, Agosto 2002. www.ifoam.org/standard/ spanish_norms.pdf.

Jezierska, T. S. y Frac, M. 2008. "Microbiological indices of soil quality fertilized with dairy sewage sludge". *Int. Agrophysics*. 22: 215-219.

Ndegwa, P. M.; Thompson, S. A.; Dass, K. C. 2000. "Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosólidos". *Biores. Technol*. 71: 5-12

Nieto, G. A.; Murillo; A. B.; Troyo, D. E.; Larrinaga, M. L., J. A.; García, H. J. L. 2002. "El uso de compostas comoVermicomposta como alternativa ecológica para la producción sostenible de Chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas". *Interciencia* 27(8):417-421.

Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos.

Orozco, F. H.; Cegarra, J.; Trujillo, L. Roig, A. M. 1996. "Vermicomposting of coffe pulp using the earthworm *Eisenia foetida*: effects on C and N contents and the availability of nutrient"s. *Biology and Fertility of Soils* 22,162-166.

Santamaría, R. S.; Ferrera. C. R.; Almaraz, S. J. J.; Galvais, S. A.; Barois, B. I. 2001. "Dinámica y relaciones de microorganismos, C-orgánico y N-total durante el composteo y vermicomposteo". *Agrociencia*. 35: 377-384.

CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE SUELOS AGRÍCOLAS DE YUCATÁN UTILIZADOS EN LA PRODUCCIÓN DE CHILE HABANERO

Solache-May, J[1*]; Borges-Gómez, L[1]

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

*Autor responsable: solache131@hotmail.com; Instituto Tecnológico de Conkal, km 16.3 antigua carretera Mérida-Motul, Conkal, Yucatán. México. CP 97305; Tel. +52 (01999) 9124135 Ext.

Resumen

Por sus características de escozor y vida de anaquel el chile habanero cultivado en la península de Yucatán se considera de calidad superior a otras variedades cultivadas en el mundo. Por lo que en el 2012 recibió la denominación de origen para el chile habanero cultivado en esta zona. Siendo los suelos un factor de calidad de fruto surge la necesidad de caracterizar los suelos en donde se produce. El objetivo del trabajo fue caracterizar física y químicamente diferentes suelos del estado de Yucatán utilizados en la producción de chile habanero. Se recolectaron suelos de municipios con mayor superficie de producción. Se identificaron los suelos de acuerdo a la clasificación FAO y se evaluaron sus características físico-químicas y contenido de minerales, siendo estos: pH, CE, CIC, contenido volumétrico de agua, densidad aparente, porosidad, materia orgánica, bicarbonatos, nitratos, N total, P, Fe, Zn, Mn, Cu y los contenidos extraíbles y solubles de K, Ca, Na y Mg. Los suelos colectados se identificaron como Leptosol lítico (LPlt), Leptosol crómico (LPcr), Luvisol (LV), Phaeozem (PH) y Regosol (R). Presentaron pH de moderadamente ácido (5.1-6.5) a medianamente alcalino (7.4-8.5), siendo LV el más cercano pH agrícola (6.5). LPlt y PH presentaron mayor contenido de agua (0.66 cm^3 cm^{-3}). Todos presentaron altos contenidos de materia orgánica (>10 %). LPlt, PH y LV mostraron mayores contenidos en elementos extraíbles y solubles siendo suelos con potencial para el cultivo del chile habanero.

Palabras clave

Características físico-químicas; suelo; chile habanero

Introducción

La Península de Yucatán (PY) por su formación y naturaleza geológica, es una de las superficies de México con alta heterogeneidad en suelos. Las características fisiológicas y de relieve de la PY pueden explicar la predominancia de suelos someros y excesivamente pedregosos, característicos de la zona, con una extremada dureza y resistencia a la degradación física y química propia de las fuerzas normales de intemperización (Valladares R. y Duch J. 1979; Bautista *et al*., 2004). Los suelos de la PY se consideran suelos jóvenes debido a su bajo grado de degradación, profundidad y afloramientos de la roca madre (Bautista *et al*., 2003b), estas características se reflejan en afecciones o variaciones en los rendimientos de cultivos hortícolas o silvícolas. En el estado de Yucatán se han encontrado principalmente unidades y subunidades de Cambisoles, Castañozems, Feozems, Gleysoles, Leptosoles,

Regosoles, Luvisoles, Nitosoles, Solonchaks y Vertisoles. Siendo los predominantes los Leptosoles situados en el centro y centro-norte del estado, Cambisoles y Luvisoles en el sur y oriente y en las partes bajas del relieve (Buatista F. *et al*, 2005b). La producción de chile habanero ha tomado mayor importancia para la PY en los últimos años. Por sus características de escozor y vida de anaquel el chile habanero cultivado en la PY se considera de calidad superior a otras variedades cultivadas en el mundo (Medina-Lara *et al*., 2008), esto debido a factores como el clima, suelo y ubicación. Por lo que en el 2012 recibió la denominación de origen para el chile habanero cultivado en esta zona. Por lo tanto el objetivo del estudio fue caracterizar física y químicamente diferentes suelos del estado de Yucatán utilizados en la producción de chile habanero.

Materiales y Métodos

Se colectaron cinco tipos de suelos de los municipios con mayor número de hectáreas sembradas de chile habanero en los últimos cinco años, estos sitios se ubicaron consultando los anuarios estadísticos del servicio de información agropecuaria y pesquera e identificando los suelos predominantes mediante el prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos en su última versión del 2009. Para la recolección de suelos se ubicaron los sitios son un equipo GPS Garmin® modelo e-trex Vista HCx® y las coordenadas localizadas en el prontuario. Para la recolección se localizaron sitios despejados de vegetación y sin historiales de cultivos previos. De los suelos colectados se prepararon muestras compuestas de 2 kilos aproximadamente mediante el sistema de cuarteos diagonales (NOM-021-RECNAT-200). Veintiséis pruebas analíticas fueron realizadas a cada suelo siendo estas: textura por hidrómetro de Bouyoucos, densidad aparente por volumen conocido y densidad real por el método del picnómetro; contenido de humedad a capacidad de campo. pH 1:2, C.E. 1:5, materia orgánica por Walkley y Black, bicarbonatos por titulación volumétrica, nitrógeno inorgánico por Kjeldahl, capacidad de intercambio catiónico, contenido de potasio y sodio extraíble por extracción con acetato de amonio y absorción atómica, calcio y magnesio extraíble por extracción con acetato de sodio y absorción atómica y las bases solubles, calcio, potasio, sodio y magnesio, mediante extracto de pasta saturada. Los microelementos se analizaron por extracción con DTPA y absorción atómica. Los datos fueron analizados por análisis de varianza, las medias se compararon por la prueba de Duncan, todo mediante el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9.0.

Resultados y Discusión

Los suelos que se identificaron fueron: Leptosol lítico (LPlt), Leptosol Crómico (LPcr), Luvisol (LV), Phaeozem (PH) y Regosol (R) de acuerdo con el sistema de clasificación FAO/UNESCO (1968). Siendo LPlt, LV y PH del oriente del estado y LPcr y R del poniente del estado. En los Cuadros 1 y 2 se presentas la comparación de medias de las características fisicoquímicas y en la Figuras 1 y 2 se presentan sus contenidos nutrimentales. De los cinco suelos evaluados, dos presentaron pH de moderadamente ácido (5.1-6.5) y tres medianamente alcalino (7.4-8.5) lo que coincide con Borges-Gómez *et al*. (2014), quienes reportan valores cercanos a la neutralidad. Siendo el LV el suelo más cercano al pH al ideal para la solubilidad de la mayoría de los nutrientes. Sin embargo es muy probable que todos presenten problemas de disponibilidad de micronutrientes.

Cuadro 1. Comparación de medias de principales características físicas de suelos colectados en dos sitios con mayor número de hectáreas sembradas de chile habanero en Yucatán.

Características	Tipos de suelos				
	Leptosol lt	Leptosol cr	Luvisol	Phaeozem	Regosol
$\theta^{\S}$ (cm3 cm-3)	0.66 (±0.02) a	0.4 (±0.01) c	0.5 (±0.01) b	0.66 (±0.06) a	0.4 (±0.01) c
DA (g cm-3)	0.73 (±0.01) c	0.8 (±0.005) b	0.7 (±0.004) d	0.67 (±0.01) d	0.9 (±0.02) a
DR (g cm-3)	2 (±0.05) d	2.3 (±0.03) b	2.1 (±0.056) c	2.2 (±0.05) c	2.4 (±0.05) a
Porosidad (%)	64 (±1.4286) b	62 (±0.5820) c	68 (±0.7371) a	69 (±0.97) a	63 (±1.13) b

lt: lítico. cr: Crómico. C.E.: conductividad eléctrica en relación 1:5. $\theta^{\S}$: contenido volumétrico de agua del suelo a capacidad de campo. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos. Duncan (P ≤0.05) ± Desviación estándar, (n=3).

Cuadro 2. Comparación de medias de principales características química de suelos colectados en dos sitios con mayor número de hectáreas sembradas de chile habanero en Yucatán.

Parámetros	Tipos de suelos				
	Leptosol lt	Leptosol cr	Luvisol	Phaeozem	Regosol
pH (2:1 p/v)	7.5 (±0.36) c	6.8 (±0.023) d	6.4 (±0.03) e	7.72 (± 0.01) b	7.9 (±0.04) a
CE (µs cm^{-1})	172 (±5.4) a	78.5 (±1.9) d	152 (±3.8) b	155.40 (±4.6) b	121 (±10.1) c
MO (%)	15.5 (±0.07) a	10.2 (±0.04) b	10.3 (±0.04) b	10.2 (±0.04) b	10.3 (±0.04) b
CIC (meq $100g^{-1}$)	51.9 (±0.98) a	34.2 (±3.03) c	40.6 (±0.22) b	48.9 (±3.58) a	26 (±0.80) d
NO^-_3 (mg kg^{-1})	80.2 (±3.25) c	48.5 (±2.02) d	223 (±19.99) a	156 (±15.86) b	71.7 (±7.60) c
N (%)	0.7 (±0.013) a	0.3 (±0.014) c	0.3 (±0.073) c	0.6 (±0.021) b	0.1 (±0.047) d
HCO^-_3 (mg kg^{-1})	556 (±36.19) a	115 (±0) c	182 (±8.30) b	163 (±16.61) b	115 (±0) c

lt: lítico. cr: Crómico. C.I.C.¶: capacidad de intercambio catiónico. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos. Duncan (P ≤0.05) ± Desviación estándar, (n=3).

LPlt, PH y LV fueron los suelos con mayor cantidad de agua a capacidad de campo, esta característica se puede relacionar directamente al pH del suelo así como a la disponibilidad de nutrientes presentes en el suelo. La humedad del suelo es modificada por la degradación MO contenida en él y esto puede influir de manera positiva en el rendimiento de los cultivos, por lo que, suelos con mayor contenido de MO pueden presentar mayor contenido de agua (López-Martínez *et al.*, 2001).Los contenidos de MO fueron altos (>10 %) para todos los suelos. Una característica común para los suelos orgánicos que presentan poca degradación. Por su parte, Bautista *et al.* (2003b) reporta que el contenido MO en suelo puede seguir un patrón relacionado a su ubicación en el microrelieve del ecosistema. Localizando suelos con mayor contenido de MO en las partes altas y suelos con menor contenido de MO en zonas bajas del microrelieve. En cuanto a N total y NO^-_3, compuestos importantes en la fisiología de las plantas, LPlt, PH y LV presentaron mayores valores nuevamente (0.7, 0.6 y 0.3 % N respectivamente y 80.2, 223 y 156 mg kg^{-1} de NO^-_3 respectivamente). De acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000 todos los suelos presentaron altos contenidos de Ca y Na extraíble (>10 y > 0.5 Cmol (+) kg^{-1}) sin embargo Na no presento diferencia significativa entre los tratamientos. El suelo R presento bajos contenidos de K extraíble (< 0.6 Cmol (+) kg^{-1}) mientras que en Mg fue PH quien presento contenidos altos (> 3 Cmol (+) kg^{-1}).

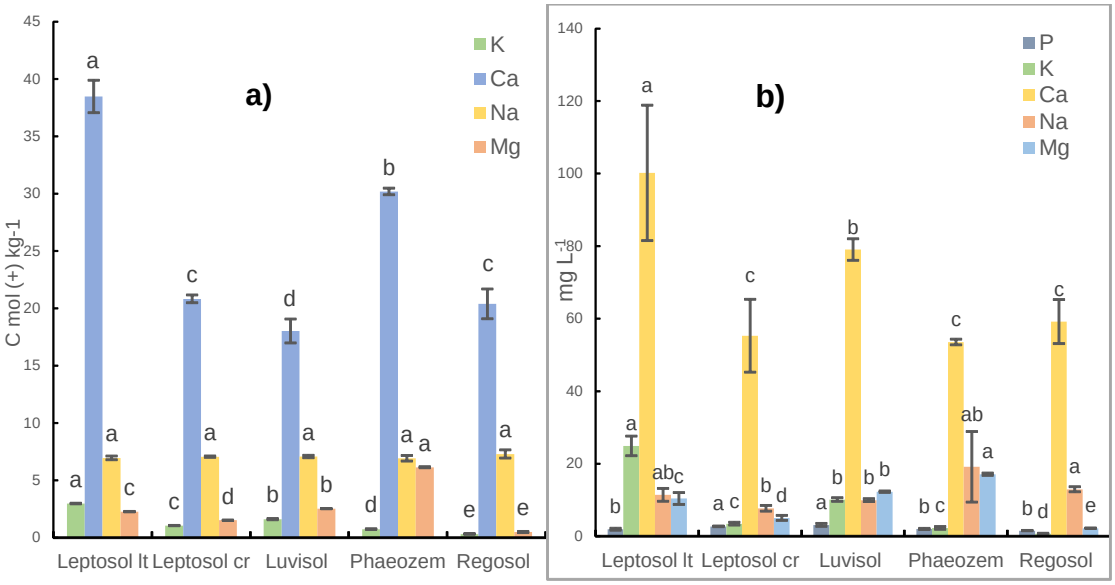


Figura 1. Contenido de minerales de cinco suelos de dos municipios con mayor número de hectáreas sembradas de chile habanero en Yucatán. a) Bases intercambiables contenidos en Cmol (+) kg^{-1}, b) elementos solubles de extracto de pasta saturada contenidos en mg L^{-1}. Valores presentados son medias con desviaciones estándar (n=3). Letras diferentes indican diferencia significativa entre barras del mismo color (Duncan α≤0.05)

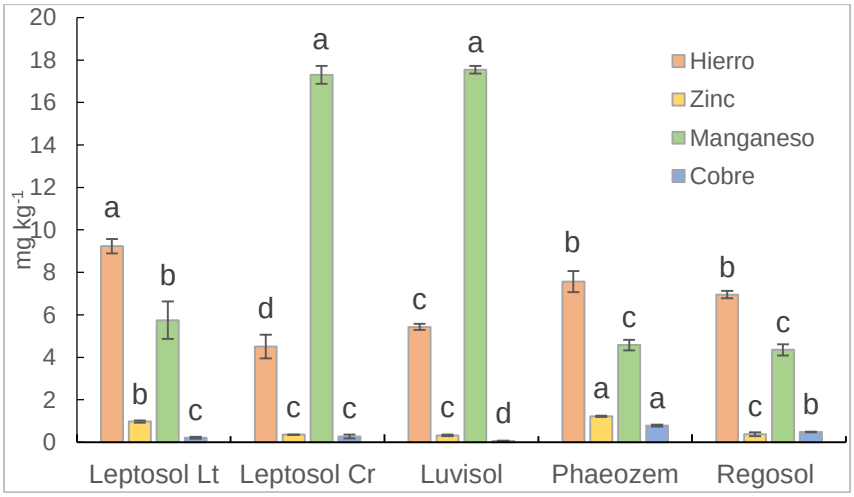


Figura 2. Contenido de microelementos de cinco suelos en dos municipios con mayor número de hectáreas sembradas de chile habanero en Yucatán. Valores presentados son medias con desviaciones estándar (n=3). Letras diferentes entre barras del mismo color indican diferencia significativa (Duncan α≤0.05).

Los contenidos de minerales son muy variantes en los suelos, Ca presento grandes diferencias en contenido con respecto a los demás elementos, esto puede explicarse por los

procesos pedogenéticos y geomorfológicos propios de la PY (Sedov *et al.*, 2008) y la composición del material parental de los suelos (Bautista-Zúñiga. *et al.*, 2004). De igual manera que en la Figura 1b, el Ca soluble es el elemento con mayor concentración. Los suelos LPlt y LV presentaron mayores contenidos de este elemento soluble (100 y 79 mg L^{-1} respectivamente). K fue el segundo elemento soluble con mayor concentración, siendo nuevamente LPlt y LV los suelos con mayor concentración (25 y 10 mg L^{-1} respectivamente). Nuevamente Na no presento diferencia significativa entre los tratamientos. Por otra parte LV presento la mayor concentración de P soluble con 3.1 mg L^{-1}.

Aunque la solubilidad de los nutrientes está relacionada al pH del suelo existen otros factores como los aportes de elementos por parte del agua de riego o precipitaciones. Es importante monitorear siempre los niveles de sales disueltos en las aguas de riego para evitar la salinidad o sodicidad en los suelos de cultivo (Pérez-Zamora, 2002).

Todos los suelos presentaron contenidos de Fe arriba del rango óptimo (>1 mg kg^{-1}) sin embargo LPlt y PH presentaron mayores contenidos (9.2 y 7.6 mg kg^{-1}) de la misma manera estos suelos presentaron mayores contenidos para Zn (0.9 y 1.2 mg kg^{-1}). Todos los suelos presentaron niveles marginales para Cu y Mn (<0.2 y <1 mg kg^{-1}).

Conclusiones

Aunque todos los suelos presentaron características fisicoquímicas y contenidos nutrimentales recomendables para la producción hortícola, fueron los suelos del oriente del estado quienes presentaron valores y contenidos distinguidos como altos contenidos de agua a capacidad de campo, niveles de pH ideales para la solubilidad de nutrientes, bajos niveles de CE, altos porcentajes de MO, fuerte capacidad de intercambio catiónico y altas concentraciones de nutrientes como Ca, K y Zn. Sin embargo, en estas dos regiones se siembra la mayor superficie de chile habanero en el estado por lo que se puede enfatizar la relevancia de la fertilización en producción hortícola o algún otro factor propio de la región que otorga una preferencia por la zona.

Bibliografía

Bautista-Zúñiga, F., Jiménez-Osornio, J., Navarro-Alberto, J., Manu, A., & Lozano, R. (2003). Microrelieve y color del suelo como propiedades de diagnóstico en Leptosoles cársticos. *Terra*, *21*(1), 1-11.

Bautista-Zúñiga, F., Estrada-Medina, H., Jiménez-Osornio, J. J., & González-Iturbe, J. A. (2004). Relación entre el relieve y unidades de suelo en zonas cársticas de Yucatán. *Terra Latinoamericana*, *22*(3), 243-254.

Bautista, F., D. Palma-López, W. Huchin-Malta (2005). Actualización de la clasificación de los suelos del estado de Yucatán, p. 105-122. En: F. Bautista y G. Palacio (Eds) Caracterización y Manejo de los Suelos de la Península de Yucatán: implicaciones agropecuarias, Forestales y Ambientales. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán, Instituto Nacional de Ecología. 282 p

Borges-Gómez, L., Moo-Kauil, C., Ruíz-Novelo, J., Osalde-Balam, M., González-Valencia, C., Yam-Chimal, C., & Can-Puc, F. (2014). Suelos destinados a la producción de chile habanero en Yucatán: características físicas y químicas predominantes. *Agrociencia*, *48*(4), 347-359.

López-Martínez, J. D., Díaz, A. E., Martínez, E. R., & Valdez, C. R. D. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra*, *19*(4), 293-299.

Medina-Lara, F., Echevarría-Machado, I., Pacheco-Arjona, R., Ruiz-Lau, N., Guzmán-Antonio, A., & Martinez-Estevez, M. (2008). Influence of nitrogen and potassium fertilization on fruiting and capsaicin content in Habanero pepper (Capsicum chinense Jacq.). HortScience, 43(5), 1549-1554.

MEXICANA, Norma Oficial. NOM-021-RECNAT-2000 (2000). *Estudios, muestreos y análisis. Establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Diario Oficial de la Federación*,.

Pérez-Zamora, O. (2002). Efecto de la aplicación de aguas residuales industriales en las propiedades físicas y químicas del suelo. Agrociencia, 36, 279-290.

Sedov, S., Solleiro-Rebolledo, E., Fedick, S. L., Pi-Puig, T., Vallejo-Gómez, E., & de Lourdes Flores-Delgadillo, M. (2008). Micromorphology of a soil catena in Yucatán: pedogenesis and geomorphological processes in a tropical karst landscape. In *New Trends in Soil Micromorphology* (pp. 19-37). Springer Berlin Heidelberg.

Valladares R. A. y Duch Gary j. (1979). Agricultura en la Península de Yucatán, algunas consideraciones. Universidad Autónoma Chapingo. pp. 30.

ESTADO DE LA FERTILIDAD 23 AÑOS DESPUÉS DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN SUELOS DE EL PETACAL, EN JALISCO, MÉXICO

Sosa, A[1,3*]; Muro, J[1]; Gordillo, G[1]; West, H[2]; Liu, X[2]; Ruiz, G[3]; Tasistro, A[4]; Padilla, J[5]; Etchevers, J[5]

[1]Nutrilite-Amway. Rancho El Petacal, Jalisco, México.
[2]Nutrilite-Amway, Buena Park, California, EUA.
[3]Instituto Tecnológico Superior de Tamazula de Gordiano, Jalisco, México.
[4]Instituto Internacional de Nutrición de Plantas, Norcross, Georgia, EUA.
[5]Colegio de Postgraduados, Montecillos, Estado de México, México

*Autor responsable: Anacleto.sosa@amway.com; Av. México Núm. 8, Rancho El Petacal, Jalisco, México. CP 49750; Tel. +52(341)-413-5878 ext. 112

Resumen

Los suelos del Petacal, en Jalisco, México presentan alto contenido de $CaCO_3$, pH alcalino y baja disponibilidad nutrimental que solo mediante fertilización se obtienen altos rendimientos de los cultivos. La pregunta que comúnmente surge entre los agricultores que continuamente aplican fertilizantes en sus cultivos es: cuál es el impacto del uso de estos en la fertilidad del suelo a largo plazo? Este trabajo se realizó con el objetivo de determinar la fertilidad que presentan de los suelos del Petacal en donde desde hace 23 años reciben fertilización orgánica. Durante Noviembre de 2013 en 185 hectáreas se colectaron 370 muestras de suelo. A cada muestra se realizó la determinación de 15 parámetros químicos asociados con la fertilidad del suelo. Los resultados del análisis químico realizado se interpretaron acorde a su nivel de suficiencia recomendado. En 94% del área muestreada, los valores de pH del suelo y Zn disponible estuvieron fuera del rango óptimo, pero solo 19% presento deficiencias de P y K, respectivamente. Con excepción de N que no se analizó, en 85% del área muestreada el resto de los nutrientes estudiados estuvieron en niveles suficientes. La correlación negativa estimada entre pH del suelo y P, K, Fe, Cu, Zn y Mn disponible (≥ p0.05 p) sugiere que la causa de la baja disponibilidad nutrimental en suelos de esta zona Agrícola es su reacción alcalina. En el futuro será necesario implementar prácticas de fertilización que ayuden a reducir el pH del suelo y mejoren la disponibilidad de Zn, P y K del suelo.
Palabras clave; disponibilidad; nutrientes; suelo; fertilidad.

Introducción

El rendimiento máximo alcanzable en una zona determinada está en función de dos clases de factores; el primer grupo se asocia con factores climáticos (radiación, heladas, granizo, viento etc.) en los que el agricultor no tiene control y no puede cambiar (Etchevers, 1999). En el segundo se encuentran los factores modificables; en estos se incluye a prácticas de manejo del cultivo como el uso de cultivares mejorados, fertilización, labranza, pesticidas e irrigación (Agrios, 1998); **e**stas prácticas solas o en combinación ayudan a incrementar el rendimiento de los cultivos; sin embargo debido a que estos requieren condiciones edáficas óptimas para un adecuado crecimiento, la fertilidad del suelo es sin duda el factor modificable más importante (Roberts y Tasistro, 2012), de ahí que 50% del aumento del rendimiento se atribuye al uso de fertilizantes (Roberts, 2009). La fertilidad del suelo se mejora con la

aplicación de fertilizantes (orgánicos o sintéticos), los que en función de su origen la pueden modificar a corto mediano y largo plazo (Roy et al., 2006). Los cambios en la fertilidad del suelo que causa la fertilización se diagnostica mediante el análisis químico de suelos, esta herramienta agronómica ha sido utilizada con éxito desde 1960 (McLean, 1977**)** y actualmente es el método más preciso para evaluar la fertilidad de los suelos en granjas y regiones agrícolas de todo el mundo (Kumaragamage y Indraratne, 2011; Acevedo et al., 2008; Sillanpää, 1990). En los suelos infértiles de El Rancho el Petacal, Jalisco, desde 1992 la compañía Nutrilite-Amway inició la producción de cultivos, desde esta fecha, la nutrición de los cultivos ha sido realizada usando fertilizantes orgánicos (compostas, estiércol, abonos verdes, S elemental, yeso, entre otros). El impacto por el uso continuo de estas fuentes ha sido tal que hoy día se obtienen altos rendimientos en los cultivos de espinaca, brócoli, perejil y nopal (90, 22, 17 y 14 t ha^{-1}, respectivamente) (Sosa et al., 2014). Las mejoras en el rendimiento logradas ha sido bien documentadas, sin embargo no existe información técnica que sustente los cambios ocurridos en la fertilidad 23 años después de fertilizar continuamente los suelos con enmiendas orgánicas. Con base en lo anterior los objetivos de este estudio fueron: 1).- Determinar el estado de la fertilidad de los suelos de El Rancho el Petacal; 2).- Detectar los parámetros de la fertilidad que limitan la producción orgánica de cultivos en esta zona y 3).- Desarrollar planes para prevenir y corregir las deficiencias nutrimentales detectadas mediante el uso del análisis químico de suelos como herramienta de diagnóstico y recomendación.

Materiales y Métodos

Esta investigación se realizó en el rancho el Petacal, propiedad de la compañía Nutrilite-Amway ubicada en Tolimán, Jalisco, México (19º 24´ LN y 103º 44´ LO) a 1060 msnm. Esta zona calurosa seca presenta una precipitación y temperatura media anual de 370 mm y 26 ºC, respectivamente. En esta granja de cultivan 185 has y en Noviembre de 2013, en toda esta superficie se realizó un muestreo de suelos. La toma de muestras se hizo con el método de cuadricula (Heggenstaller, 2011); para ello, el área total fue dividida en cuadriculas de 0.5 has y después de tomar la muestra de suelo, la zona muestreada se georreferenció con un GPS. Los parámetros determinados en cada muestra fueron: pH, materia orgánica (MO), capacidad de intercambio catiónico (CIC) y P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mn, Na y B disponible. El pH se determinó usando un electrodo de referencia y una relación agua suelo 2:1 (Jackson, 1958). La MO se determinó con el método propuesto por Walkey y Black (1934) y la CIC y todos los nutrientes se determinaron con el método de Mehlich (1984). A los resultados de las 370 muestras se realizó un análisis estadístico descriptivo en donde se estimó la media, desviación estándar, coeficiente de variación y valor máximo y mínimo. Tal como lo recomienda Etchevers (2011), los indicadores de la fertilidad pH, CEC, OM y Na se interpretaron directamente. Para interpretar los índices de fertilidad del suelo determinados (P,K,Ca, Mg, S y micronutrientes disponibles) se utilizaron los conceptos de nivel de suficiencia (NS) (McLean,1977) y la relación de saturación de bases (BSCR) (Bear et al.,1945).

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se presenta el análisis de estadística descriptiva realizado en los resultados del análisis químico realizado a 370 muestras de suelos tomadas en el Rancho el Petacal en Jalisco, México.

Cuadro 1. Resultado del análisis de estadística descriptiva realizado en 15 parámetros de la fertilidad determinados en 370 muestras de suelo tomadas en el Rancho el Petacal en Jalisco, México.

Parámetro	Máximo	Mínimo	Media	Desviación estándar	CV (%)	NS	Muestras con valor ≥ NS	% de muestras con valor ≤ NS
				Indicador de la fertilidad				
pH	9.2	6.5	8.4	0.32	3.9	7.8	21	94
Materia orgánica (%)	3.9	1.1	2.7	0.56	20.6	3	250	68
Na intercambiable (%)	20'.2	0.4	2.7	2.5	91.2	15	3	1
CIC (meq 100 g ss)	48.3	12.4	28.5	7.0	24.5			
				Índice de la fertilidad				
P (ppm)	722	3	130	133	101.2	30	82	19
K (ppm)	1001	45	178	178	52.0	150	65	18
Ca (ppm)	9560	1747	4625	1410	30.5	2000	5	1
Mg (ppm)	2382	342	1181	373	31.6	200	0	0
S-SO_4 (ppm)	1104	2	133	147	110.4	6	19	5
Fe(ppm)	89	13	40.8	14.9	36.4	9.0	13	7
Zinc (ppm)	13.8	0.2	1.8	1.43	84.2	3.0	24	94
Mn (ppm)	178	30	91.8	29.9	32.6	15	0	0
Cu (ppm)	6.3	1.2	4.3	0.88	20.7	3	0	0
B (ppm)	3.1	0.3	1.22	0.51	41.5	0.8	24	7

NS= Nivel de suficiencia; CV= coeficiente de variación; CIC=Capacidad de intercambio catiónico.

En promedio, el pH de los suelos estudiados fue 8.4, estimando que 94% del área presentó valores más altos que el pH del suelo considerado como óptimo para el crecimiento de los cultivos (pH 7.8). La correlación negativa determinada entre el pH del suelo y el P, K, Zn, Fe, Mn y Cu disponible (Cuadro 2) sugiere que la baja disponibilidad de estos elementos es causada por la reacción alcalina que presentan los suelos de esta región. Estos resultados son congruentes con lo señalado por otros investigadores en el sentido de que las deficiencias de P y micronutrientes en los suelos siempre ocurren en suelos con pH alcalino (Roberts y Tasistro, 2012; Obreza, y Morgan, 2011; Castellanos et al., 2002). El 100% de los suelos presentó niveles de Ca y Mg superiores al NS recomendado para su interpretación; estos resultados se deben a que los suelos nativos de esta zona se originaron por la mineralización de rocas dolomíticas ($CaCO_3.MgCO_3$) que contienen Mg y Ca. El porcentaje de Mg intercambiable en el suelo fue 28%, este valor es 2.8 veces más alto que el considerado como ideal (10% de la CIC) (Graham, 1959**).** Los altos niveles de Mg disponible en el suelo; así como la asociación negativa determinada entre el Mg y varios de los nutrientes determinados sugieren que en los suelos analizados existe un desbalance que podría ser una de las causas de la baja disponibilidad P, Cu, Fe, Mn y Zn. Con relación a micronutrientes (Fe, Mn, Cu y B), la mayoría de los suelos presentaron niveles suficientes La excepción fue Zn, en el que 94% del área muestreada exhibió valores bajos de disponibilidad. Este hallazgo es congruente con lo reportado por Sillanpää (1990) quien afirma que con relación a micronutrientes, la deficiencia de Zn es la más común y 49% de los suelos del mundo (entre ellos los de nuestro país) presentan baja disponibilidad de este elemento.

Cuadro 2. Correlación entre 11 parámetros químicos determinados en 370 muestras de suelos tomadas en el Rancho el Petacal en Tolimán, Jalisco, México.

Parámetro	MO	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Cu	B
pH	0.02ns	-0.43**	-0.33**	0.11ns	0.29**	-0.49**	-0.51**	-0.23**	-0.42**	0.01ns
MO	-------	0.24**	-0.12*	0.41**	-0.03ns	-0.03ns	-0.07ns	0.37**	0.16*	0.45**
P		-------	0.46	0.01ns	-0.40**	0.38**	0.79**	0.63**	0.66**	0.33**
K			------	0.09ns	0.01ns	0.42**	0.42**	0.19**	0.31**	0.04ns
Ca				--------	0.27**	0.24**	-0.37**	0.18**	-0.14*	0.46**
Mg					-------	0.06ns	-0-39**	-0.37	-0.39**	-0.11ns
S-SO_4						-------	0.29**	0.22**	0.20**	0.13**
Fe							--------	0.41**	0.69**	0.12*
Zn								-------	0.38	0.39**
Cu									-------	0.24**
B										------

MO= Materia orgánica

La baja disponibilidad de Zn en los suelos muestreados se asoció con altos valores de pH y Mg disponible en el suelo (Cuadro 2). Con relación al pH del suelo, la disponibilidad de Zn fue menor cuando el valor de este parámetro fue mayor a 8.5 (Datos no presentados). Estos resultados son congruentes con lo reportado por otros investigadores (Liu y Hanlon, 2012; Obreza y Morgan, 2011). De acuerdo con Sillanpää (1982) esto se debe a que la solubilidad de Zn está en función del pH del suelo, de ahí que su disponibilidad disminuye casi 100 veces por cada unidad que el pH del suelo incrementa (Lindsay, 1972). El Mg presente en el suelo, al igual que el pH también exhibió correlación negativa con el Zn y el resto de los micronutrientes metálicos (Cu, Fe y Mn), detectándose que la más baja disponibilidad de estos elementos se presentó cuando el Mg disponible fue mayor a 1357 ppm (Datos no presentados). Con respecto a Zn, Olsen (1972) menciona que este por tener un radio iónico muy similar al del Mg reacciona con los iones CO_3 presentes en el suelo y forma compuestos insolubles como el $ZnCO_3$ De acuerdo a los resultados obtenidos, actualmente 174 has de la superficie cultivada presenta deficiencias de Zn. De acuerdo con Portch y Stauffer (2005), cuando un suelo presenta deficiencias de Zn, el rendimiento de los cultivos puede reducirse en 30%, esta merma de producción frecuentemente antes de que el cultivo muestre síntomas visibles. Considerando esta situación, a futuro en los suelos del Petacal será necesario implementar un programa de fertilización para prevenir y corregir deficiencias de Zn. El programa de fertilización con Zn a implementar debe ser integral, por lo que además seguir con el programa de fertilización actual, se requerirá fertilizar con Zn (foliar y al suelo), aplicar S al suelo para reducir su pH e identificar especies y cultivares adaptados a suelos alcalinos.

Conclusiones

-94% del área muestreada presentó valores de pH y Zn disponible fuera del rango considerado como óptimo.

-Solo 19% de los suelos presentaron niveles deficientes de P y K disponible en el suelo.

-El pH alcalino y el alto nivel Mg disponible en el suelo son los principales parámetros de la fertilidad que podrían estar causando la baja disponibilidad de P, Zinc, Cu, Mn, and Fe en los suelos de la zona estudiada.

-Para corregir y prevenir deficiencias de Zn en la zona estudiada se debe implementar una fertilización integral que considere la adición de Zn, el uso S para reducir el pH del suelo y el empleo de especies y cultivares adaptados a suelos alcalinos.

Bibliografía

Acevedo, C.D., M.E.S. Álvarez, E.A. Hernández, R.T. Maldonado, M.G. Pérez y R.B. Castro. 2008. Variabilidad espacial de propiedades químicas del suelo y su uso en diseño de experimentos. Terra Latinoamericana. 26 (4): 317-324.

Agrios, N.G. 1998. Plant Pathology. Academic Press Inc. Orlando, Florida, USA. 703 p.

Bear F.E., A.L. Prince, and J.L. Malcom. 1945. Potassium needs of New Jersey soils. Bull. 721. New Jersey Agric. Exp. Stn. New Brunswick.

Castellanos, J.Z., J.X. Uvalle-Bueno y A. Aguilar-Santelises. 2002. Curso de interpretación de suelos, aguas agrícolas, plantas y ECP. Celaya, Guanajuato, México.

Etchevers, B. J.D. 2011. El análisis químico de suelos. Simposio Análisis Químico de suelos. XXXVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. 21-25 Noviembre. Campeche, México.

Etchevers B.J.D. 1999. Técnicas de diagnóstico útiles en la medición de la fertilidad del suelo y el estado nutrimental de los cultivos. Terra Latinoamericana. 17(3): 209-219.

Graham, E.R. 1959. An explanation of theory and methods of soil testing. . Bull. 734. Missouri Agric. Exp. Stn., Columbia.

Heggenstaller, A. 2011. Phosphorus, and potassium fertility for corn, and soybean. Crop Insights. 21(18): 1-5.

Jackson, M.L. 1958. Soil chemical analysis. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs. New Jersey, USA.

Kumaragamage, D., and S. Indratatne. 2011. Systematic approach to diagnosing in soils of Sri Lanka. Commun. Soil Sci. Plant Analysis. 42: 2699-2715.

Lindsay, L.W. 1972. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils: p. 41-57. In: Mortvedt, J.J.m, P.M. Giordano, and W.L. Lindsay. (eds.). Micronutrients in Agriculture. SSSA. Madison, Wisconsin, USA.

Liu, G., andE. Handlon, 2012. Soil pH range for optimum commercial vegetable production. Report HS1207. IFAS Extension. University of Florida. FL. USA.

McLean, E.O. 1977. Contrasting concepts in soil test interpretation. Sufficiency levels of available nutrients versus basic saturation cation ratios. P. 39-54. In: T.R. Pech et al. (ed.). Soil testing: correlation and interpreting the analytical results. ASA Spec. Publ. 29. ASA, CSSA, and SSSA. Madison, WI.

Mehlich, A. 1984. Mehlich III soil extractant: a modification of Mehlich 2 extractant. Commun. Soil Sci. Plant Analysis. 15: 1409-1416.

Obreza, A. T., and K.T. Morgan. 2011. Nutrition of Florida citrus trees. Second edition. IFAS Extension. University of Florida. FL, USA.

Olsen, R.S. 1972. Micronutrients interaction. P. 243-264. In: Mortvedt, J.J.m, P.M. Giordano, and W.L. Lindsay. (eds.). Micronutrients in Agriculture. SSSA. Madison, Wisconsin, USA.

Portch, S., and M.S. Stauffer. 2005. Soil testing: a proven diagnostic tool. Better Crops. Vol. 89 (1):28-32.

Roberts, L.T., and A. Tasistro. 2012. The role of plant nutrition in supporting food security. P. 11-28. In: Bruulsema, W.T., P. Heffer, R.M. Welch, I. Cakmak, and K. Moran. (Eds.). Fertilizing crops to improve human health: a scientific review. IPNI. GA, USA.

Roberts, L.T. 2009. The role of fertilizer in growing the worlds food. Better Crops. 93(2):12-15.

Sillanpää, M. 1990. Micronutrients assessment at the country level: A global study. FAO Soil Bulletin No. 63. FAO, Rome, Italy.

Sillanpää, M. 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils. Soil Bulletin No. 48. FAO, Rome, Italy.

Sosa, .A., A. Novela, J. Muro, G. Gordillo, J Balles, B. Augustin, J. Corcorran y G. Ruiz. 2014. Demanda de macro y micronutrientes por espinaca (*Spinacia oleracea* L.). II congreso internacional y XVI congreso Nacional de Ciencias Agronómicas. 23-25 Abril 2014. UACH. Chapingo, México.

Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. Soil Sci. 63:251-263.

FORRAJE DE NOPAL ABONADO CON ESTIÉRCOL SOLARIZADO

Trejo-Escareño, HI[1*]; Sánchez-Lucio, R[2]; Salazar-Sosa, E[3]; Vázquez-Vázquez, C[4] Gallegos-Robles, M[5]

[1]Facultad de Agricultura y Zootecnia UJED. Gómez Palacio, Durango. México.
[2]Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón, Coahuila. México.
[3]INIFAP 3. Santiago Ixcuntla, Sinaloa. México.
[4]Facultad de Agricultura y Zootecnia UJED. Gómez Palacio, Durango. México.
[5]Facultad de Agricultura y Zootecnia UJED. Gómez Palacio, Durango. México.

*Autor responsable: idilio72@yahoo.com.mx; Calle San José Núm. 22, Col. Villas de San Ángel, Torreón, Coahuila. México. CP 27086; Tel. +52(871)-2627-246

Resumen

El nopal es una alternativa viable para producción de forraje en la comarca lagunera debido a sus características climáticas y el potencial productivo del cultivo. El experimento se realizó en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia, La siembra se realizó seis años atrás por lo que esta es una investigación de seguimiento; la variedad utilizada es la Liso Forrajera. Los tratamientos estudiados son: 0, 20, 40 y 60 t ha^{-1} de estiércol de bovino y fertilizante químico 100-100-0 en cuatro densidades de plantación: 4435, 13323, 8871 y 8887 plantas ha^{-1}. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones. Las variables evaluadas son producción de forraje, largo, ancho y grueso de cladodios y el contenido de materia orgánica en el suelo. Los resultados muestran el tratamiento de 60 t ha^{-1} de estiércol solarizado como el más productivo y también la densidad de 4435 plantas ha^{-1}.

Palabras clave

cladodio; densidad; plantación

Introducción

Durante el siglo XIX, en el centro y norte del país se utiliza el nopal como forraje. Los testimonios refieren que en San Luis Potosí, Tamaulipas y Nuevo León, los vaqueros, alimentaban al ganado durante la seca (Anaya-Pérez y Bautista-Zane, 2008).

La Región Lagunera se ubica en una zona con características climáticas con altos índices de aridez, con un promedio de precipitación pluvial anual que va de los 200 a 300 mm, concentrada en los meses de junio a septiembre, por tratarse de una cuenca cerrada, el agua en la región es un recurso muy significativo y su consumo responde inelásticamente al precio (Flores *et al*., 2005; Guzmán *et al*., 2006).

En cuanto a los cultivos eficientes en el consumo de agua se presenta la producción intensiva de nopal como una prometedora opción de desarrollo en la Comarca Lagunera, ya que en diferentes regiones del país aun cuando no presenta gran superficie si destaca por su volumen de producción (Flores *et al*., 2005).

El uso de los estiércoles animales como fertilizante, minimiza los costos a los productores agrícolas y permite remediar problemas de fertilidad del suelo, mejorando su capacidad de

retención de agua, lo que favorece el desarrollo de las plantas y la obtención de una mayor capacidad productiva, entre otros beneficios.
Además existe un importante aspecto de salud relacionado a la aplicación de estiércoles frescos con fines de fertilidad, el cual está dado por la incidencia de enfermedades en los seres humanos, que son producidas por los microorganismos patógenos que pueden contener las estiércoles animales, por lo que la determinación de su calidad microbiológica es de gran importancia desde el punto de vista de la salud pública; con la solarización se pretende eliminar la mayor cantidad de estos agentes así como las semillas de maleza (Díaz *et al,* 2005).

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia, División de Estudios de Posgrado, el cual se encuentra ubicado en el km 28 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Dgo., a inmediaciones del ejido Venecia, municipio de Gómez Palacio, Dgo.
La siembra se realizó seis años atrás por lo que esta es una investigación de seguimiento; la variedad utilizada es la Liso Forrajera.
Los tratamientos estudiados son: 0, 20, 40 y 60 t ha^{-1} de estiércol de bovino y fertilizante químico 100-100-0 en cuatro densidades de plantación: 4435, 13323, 8871 y 8887 plantas ha^{-1}.
La distribución de los tratamientos en campo, se realizó bajo un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones.
Las variables evaluadas en planta son producción de forraje, largo, ancho y grueso de cladodios y el suelo el contenido de materia orgánica.

Resultados y Discusión

Producción de nopal forrajero

El análisis de varianza para peso de cladodios indica una diferencia estadística para los dos factores de estudio (tratamientos de estiércol y densidades de plantación), con una Pr > a F de.001. La separación de medias indica que la mayor producción fue para el tratamiento de 60 t ha^{-1} de estiércol solarizado, con 59.08 t ha^{-1} s de forraje nopal. Seguido por el tratamiento de fertilización Química que obtuvo 47 toneladas, el testigo 0 fue el menos productor con 6.3 ton ha^{-1} de forraje (cuadro 1). El mejor tratamiento fue superior a lo reportado por López *et al.,* 2003, quienes reportan 40 t ha^{-1} en su mejor tratamiento en el municipio de Ramos Arizpe.
La mejor densidad en plantación fue la de 4435 plantas ha^{-1}, con 69.4 t ha^{-1} de forraje seguida de la densidad 8887 plantas ha^{-1}, con 35.2 t ha^{-1} ton de forraje (Cuadro 1). La cual coincide por López *et al.,* 2003, quienes recomiendan una densidad de 5000 plantas ha^{-1}.

Largo de cladodios

En el factor largo de cladodios el análisis de varianza muestra diferencia estadística solamente para el factor dosis de estiércol solarizado, con una Pr>F de 0.0184. El cuadro 1 muestra las medias para largo de cladodio donde el tratamiento de 60 t ha^{-1} es superior al resto de los tratamientos pero estadísticamente igual al tratamiento Químico (100-100-00), para densidad es estadísticamente es igual con al menos 25.8 cm en las tratamientos de estiercol, esto supera lo reportado por Santos-haliscak *et al.,* (2010) quienes encontraron valores medios de 22.7 cm de largo, para la misma variedad, pero valores más altos en la variedad Copena F1 con 32.5 cm, de las variedades forrajeras la lisa es una de las más eficientes para la producción de biomasa.

Ancho de cladodios

El análisis de varianza para ancho de cladodio, murstra el factor tratamientos de estiércol con diferencia estadística, con una Pr>F 0.0307 y la separación de medias indica cladodios más anchos en el tratamiento de 20 t ha^{-1} de estiércol solarizado, con 15.39 cm, valor estadísticamente similar a todos los tratamientos con aplicación de estiércol y al tratamiento Químico, los cuales son superiores al testigo 13.4 cm.

Las densidades muestran los nopales más anchos en 8887 plantas ha^{-1} con 15.04 cm (cuadro 1), lo anterior indica que la densidad de plantación no interfiere con el ancho del cladodio y que la diferencia se da únicamente en los tratamientos. El ancho de nuestros cladodios muestra valores similares a los encontrados por Santos-haliscak *et al.,* (2010), quienes reportan para la liso forrajera 13.1 cm.

Grueso de cladodios

El análisis estadístico muestra diferencia estadísticas para los dos factores de estudio, siendo para tratamientos de estiércol una Pr >F de 0.0019 y para densidades de plantación 0.0003, lo cual se refleja en la separación de medias (Cuadro 1), que muestra los mejores tratamientos todos los de estiércol siendo el testigo el único diferente y para densidades los cladodios más gruesos se presentan en 8887 plantas ha^{-1} siendo estadísticamente superior a las demás densidades que son estadísticamente iguales entre ellas, lo anterior refleja la importancia de los tratamientos y de la densidad en el grueso de los cladodios, otro punto a considerar es la disposición de las plantas (Arreglo topológico). El grosor varía dependiendo de la especie (Reyes *et al*., 2005). El experimentos hechos por Martínez *et al.,* (2001) reportan grosores de cladodio en la variedad Copena T5 de un máximo de 28 mm por cladodio y un mínimo 20 mm, lo cual es por superior a lo que obtuvimos en este experimento.

Cuadro 1. Medias de producción de forraje, largo, ancho y grueso del cladodio de nopal por tratamiento y densidad de estiércol solarizado, CAE-FAZ-UJED, 2014.

Tratamientos	**Forraje** (t ha^{-1})		**Largo** (cm)		**Ancho** (cm)		**Grueso** (mm)	
Testigo	6.33	d	23.13	b	13.40	b	13.40	b
20 t ha^{-1}	35.57	c	25.88	ab	15.39	a	15.39	a
40 t ha^{-1}	37.37	c	25.82	ab	14.41	ba	14.40	ba
60 t ha^{-1}	**59.08**	**a**	26.73	a	14.65	ba	14.65	ba
100-100-00	47.07	b	26.46	a	14.47	ba	14.47	ba
DMS	8.20		3.05		1.97		1.97	
Densidades								
4435 plantas ha^{-1}	**69.45**	**a**	25.98	a	14.71	a	14.71	a
13323 plantasha^{-1}	21.31	c	25.34	a	13.97	b	13.97	b
8871 plantas ha^{-1}	22.37	c	24.86	a	14.13	b	14.13	b
8887 plantas ha^{-1}	35.21	b	26.21	a	15.04	a	15.04	a
DMS	11.71		1.98		0.9015		0.9015	

Materia Orgánica del suelo

En la (figura 1) se muestra el contenido de materia orgánica en el suelo de acuerdo a tratamientos de estiércol solarizado en el suelo, donde los tratamientos de 20 40 60 t ha^{-1} de estiércol muestran valores alrededor de 2.5 %, siendo muy superiores al testigo 0 y al tratamiento químico 100-100-00 que muestran 0.5 y 0.8 respectivamente, la densidad que muestra el mayor contenido de materia orgánica es la de 4435 plantas ha^{-1} con un 2.1 %. Los resultados del tratamiento de 60 t ha^{-1} con 3.2 % son similares a lo reportado por Blanco-Macías

et al., (2006). Quienes encontraron concentraciones de 3.25 % en un suelo con establecimiento de nopal

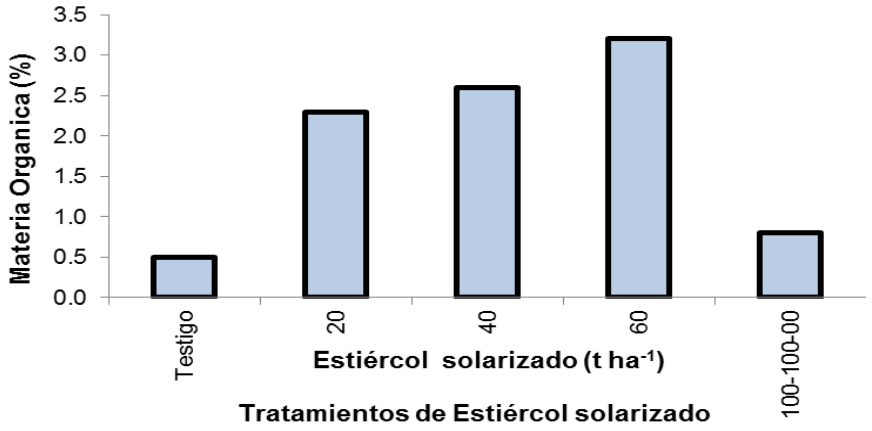


Figura 1. Contenido de Materia Orgánica del suelo de los tratamientos de estiércol solarizado, en el experimento nopal forrajero CAE-FAZ-UJED 2014.

Conclusiones

El mejor tratamiento fue el de 60 t ha^{-1} de estiércol solarizado con 59 t ha^{-1} de forraje verde de nopal.

La densidad más productiva fue la de 4435 plantas ha^{-1} con 69 t ha^{-1} de forraje verde de nopal.

Bibliografía

Anaya-Pérez M. A. y R. Bautista-Zane, 2008. El nopal forrajero en México: del siglo XVI al siglo XX. Agricultura, Sociedad y Desarrollo, 2(2):167-183.

Guzmán S., E., García S., J. A., Mora F., J. Saturnino, M.Fortis H., R. Valdivia A., M. Portillo V.. 2006. La demanda de agua en la comarca lagunera, México. Agrociencia 40(6):793-803

Díaz H., J. Rodríguez P., A. y G. Llobet, L., 2005.Cuaderno de divulgación (Solarización y Biosolarización).

PRODUCCIÓN DE MAÍZ CON BIOFERTILIZANTES EN LUVISOLES DE YUCATÁN

Tun-Dzul, JC[1*]; Burgos-Díaz, JA[1]

[1] Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste. Campo Experimental Mocochá. Km. 24.5 Antigua carretera Mérida-Motul. CP 97454. Mocochá, Yuc.

*Autor responsable: tun.jose@inifap.gob.mx. Calle 27-A No. 201-B x 22. Colonia Chuburná de Hidalgo. Mérida, Yuc. C.P. 97205, México. +52 999 9811848

Resumen

En 2013 se sembraron en Yucatán 130,316 ha de maíz bajo condiciones de temporal, cuyo rendimiento medio fue de 0.660 ton ha^{-1}; bajo condiciones de riego se establecieron 5,936 ha con un rendimiento medio de 3.420 ton ha^{-1}. Los suelos con mayor potencial para el cultivo de maíz en el estado, son los Luvisoles y los Vertisoles, en los cuales, además, se pueden mecanizar las labores. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación combinada de fertilizantes químicos y biofertilizantes sobre el rendimiento del cultivo de maíz en un suelo Luvisol. El experimento se realizó en el S.E. Uxmal, del INIFAP. Se estableció en un Luvisol ródico representativo del área productora de maíz en suelos mecanizables. Se evaluaron seis tratamientos formados por la combinación de la dosis de fertilización 150-120-100 (NPK) y un biofertilizante comercial (BF): T1= 0% NPK + 0% BF; T2= 50% NPK + 0% BF; T3= 100% NPK + 0% BF; T4= 0% NPK + 100% BF; T5= 50% NPK + 100% BF; T4= 100% NPK + 100% BF. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Se estableció el híbrido de maíz H-520 a una densidad de 66,600 plantas por hectárea, bajo condiciones de riego. Se evaluó el rendimiento de grano. El análisis estadístico reportó diferencias altamente significativas (□=0.01) entre los tratamientos estudiados. El mayor rendimiento se obtuvo con T5 (6.355 ton ha^{-1}), seguido por T6 (6.236 ton ha^{-1}) y T3 (5.718 ton ha^{-1}), todos estadísticamente iguales.

Palabras clave

Biofertilizante; Nutrición; Riego

Introducción

En el 2013 se sembraron en Yucatán 130,316 ha de maíz bajo condiciones de temporal cuyo rendimiento medio fue de 0.660 ton ha^{-1}; bajo condiciones de riego se establecieron 5,936 ha con un rendimiento medio de 3.420 ton ha^{-1} (SIAP, 2014), el cual se puede considerar medio, para las condiciones de clima y suelo del estado, ya que el potencial es mayor.

La mayoría de los factores del clima son favorables para este cultivo, pero el exceso de radiación y la mala distribución de la precipitación limitan los rendimientos. Otro factor limitante es el suelo, ya que en el estado más del 70% de la superficie lo ocupan los Leptosoles (suelos pedregosos y de poca profundidad), lo cual limita la mecanización de las labores agrícolas, con el consiguiente incremento del costo de cultivo. Sin embargo, en los suelos de alto potencial (Luvisoles y Vertisoles) el rendimiento está limitado por diversos factores de manejo, entre los cuales se pueden mencionar, el material genético, la baja densidad de población, la falta de fertilización y el inadecuado control de plagas.

La fertilización se considera como uno de los factores controlables clave en la obtención de un mejor rendimiento en maíz, ejerciendo alta influencia sobre los componentes de rendimiento y sobre las características agronómicas (Tosquy *et al.*, 1998). La producción de materia seca del cultivo de maíz está estrechamente vinculada con el aprovechamiento de la radiación solar incidente, de la capacidad de la planta para interceptarla y su eficiencia para transformarla y enviarla a sus órganos (Andrade *et al.*, 1993).

Tun *et al.* (2014), recomiendan el empleo de la dosis de fertilización 150-80-100 para el híbrido de maíz H-520 cultivado bajo condiciones de riego por goteo y con una densidad de 66,600 plantas por hectárea, con lo cual se pueden obtener hasta 9.0 ton ha^{-1} de grano. Sin embargo, en los últimos años, el incremento del precio de los fertilizantes y de los costos de su aplicación a los cultivos representa un importante gasto para los agricultores, de tal manera que para la dosis mencionada se requiere de un gasto de alrededor de $ 7,000.00 por hectárea para compra del fertilizante.

Los estudios tradicionales de fertilidad del suelo no han puesto atención a la dinámica de la materia orgánica del suelo, aun cuando el manejo de la fertilidad y de la calidad es de tipo biológico. Se requiere un mejor entendimiento de este fenómeno, utilizando indicadores de la calidad del suelo relacionados con la actividad microbiana que arrojen datos sobre la calidad y cantidad de los aportes de hojarasca y sobre la pérdida de materia orgánica.

El contenido de materia orgánica del suelo, es una de sus principales características. Esta propiedad se asocia con la liberación de nitrógeno, fósforo y azufre, en cuyos ciclos juega un papel importante. Por otro lado, el nivel de materia orgánica también se asocia a la disponibilidad de hierro, manganeso, cobre y zinc, por la acción quelatante que presenta. También es una fuente de ácidos húmicos y fúlvicos que participan en la fisicoquímica del suelo y en la fisiología de la planta. La materia orgánica es la principal variable que afecta las propiedades físicas del suelo. Los suelos con alto contenido de materia orgánica tienden a presentar mayor conductividad hidráulica, mayor porosidad, menor densidad aparente y menor compactación, lo que se refleja en un ambiente propicio para la penetración radical y, por ende, de una fertilidad natural. En los suelos con alto nivel de materia orgánica se pueden lograr los máximos rendimientos alcanzables para la variedad, clima y manejo del cultivo. Además, no hay que olvidar que una de las alternativas de solución más económica, para aumentar la eficiencia nutrimental es incrementar los contenidos de materia orgánica en el suelo mediante el manejo de fuentes de origen animal y vegetal (Castellanos, 2003).

Otras alternativa para evitar el uso excesivo de fertilizantes químicos es la inoculación con microorganismos promotores del crecimiento llamados también "rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, "bioestimulanets", "biofertilizantes" o "inoculantes", los más utilizados como bioestimulantes son las bacterias de los géneros *Rhizobium* y *Azospirillum*, así como hongos micorrízicos del género *Glomus* (Alarcón y Ferrera, 2000; Irizar *et al*., 2003). La respuesta de inoculantes basados en *Azospirillum brasilense* ha sido exitosa, pues ha permitido incrementos mayores al 30% en la producción de maíz, frijol, trigo, pastos y cítricos (García *et al.*, 2007).

Los **biofertilizantes** son productos a base de microorganismos benéficos que se asocian a las raíces de las plantas y favorecen su nutrición; además, son productoras de hormonas de crecimiento que estimulan funciones de absorción o fijación de nutrimentos en las raíces (Irizar *et al*., 2003). No contaminan ni causan daño al suelo ni al hombre y hacen posible el incremento en rendimiento de los cultivos a un bajo costo y permiten sustituir parcial o totalmente el uso de los fertilizantes químicos; incrementan la productividad y favorecen la

rentabilidad de los cultivos. El uso de la biofertilización, proporciona una alternativa biológica que considera el concepto de sostenibilidad y contribuyen a impulsar una agricultura orgánica y sustentable.

Los biofertilizantes y bioestimuladores representan un componente vital de los sistemas agrícolas sustentables, constituyendo un medio económicamente atractivo y ecológicamente aceptable, permitiendo reducir los insumos externos y mejorar la cantidad y calidad de los recursos internos, mediante la utilización de microorganismos del suelo debidamente seleccionados, capaces de aportar a los cultivos nitrógeno fijado de la atmósfera, fósforo transformado a partir del que está fijado en el suelo y sustancias fisiológicamente activas que, al interactuar con la planta, ocasionan una mayor activación del metabolismo (Burdman *et al*., 2000; Bauer, 2001).

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el Sitio Experimental Uxmal, perteneciente al Campo Experimental Mocochá del Centro de Investigación Regional Sureste del INIFAP, localizado en el Km. 178 de la carretera Campeche-Mérida (vía ruinas), ubicado en el municipio de Muna, Yuc. Se seleccionó un terreno cuya clase de suelo (Luvisol) es representativo de los suelos cultivados con maíz del sur del estado de Yucatán.

La preparación del suelo consistió en el chapeo mecánico de la maleza, seguido de dos pasos de rastra que permitió acondicionar la superficie del suelo para la siembra del cultivo de maíz. La profundidad del suelo de la parcela experimental fue superior a 1.0 m.

Los tratamientos estudiados se conformaron con base en la dosis de fertilización recomendada para este cultivo (Tun *et al.*, 2014) que es la 150-80-100 (NPK) y una dosis de biofertilizante (BF) comercial compuesta por la bacteria fijadora de nitrógeno del género *Azospirillum* y el hongo micorrízico del género *Glomus*. La dosis de fertilizante químico se fraccionó en niveles de 0%, 50% y 100% y se combinaron con los niveles de 0% y 100% del biofertilizante, dando por resultados los seis tratamientos que se describen en el Cuadro 1, los cuales se arreglaron en un diseño experimental Completamente al Azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental tuvo una superficie de 20 m^2. Las dosis de biofertilizante se aplicaron a la semilla antes de la siembra, mientras que la fertilización química se realizó después de la emergencia de las plantas. El cultivo indicador fue el maíz, cuya siembra manual se realizó el 26 de agosto del 2014, bajo condiciones de riego por goteo (cinta de riego) ya que se estableció fuera de la época de siembra recomendada. Se utilizó el material híbrido H-520, el cual es de grano blanco dentado y adaptado a las condiciones del trópico mexicano. La distancia entre hileras de cultivo fue de 1.0 y entre plantas de 30 cm, colocando dos plantas por golpe, para una densidad de 66,600 plantas por hectárea. Se evaluó el rendimiento de grano ajustado al 14% de humedad.

El manejo agronómico del cultivo se hizo de acuerdo con las recomendaciones que para la región ha generado el INIFAP, aunque la densidad de siembra y el arreglo topológico empleados son algo poco común para el estado.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos aplicados al híbrido de maíz H-520.

Tratamiento	Nomenclatura	Dosis aplicada por hectárea	
		Fertilizante N-P-K	Biofertilizante
T1	0% NPK + 0% BF	00 – 00 – 00	0 Dosis
T2	50% NPK + 0% BF	75 – 40 – 50	0 Dosis
T3	100% NPK + 0% BF	150 – 80 – 100	0 Dosis
T4	0% NPK + 100% BF	00 – 00 – 00	1 Dosis
T5	50% NPK + 100% BF	75 – 40 – 50	1 Dosis
T6	100% NPK + 100% BF	150 – 80 – 100	1 Dosis

Resultados y Discusión

El suelo en el cual se estableció el experimento es un Luvisol ródico, calcáreo, con pH ligeramente alcalino (7.3), conductividad eléctrica de 0.7 dS m^{-1}, mediano en materia orgánica (2.35%), alta capacidad de intercambio catiónico (25.3 meq $100g^{-1}$), textura Arcillosa y profundo (> 1.0 m). El análisis de extracto saturado indican una alta disponibilidad de fosfatos (5.0 mg kg^{-1}) y cobre (3.6 mg kg^{-1}), mediana disponibilidad de nitratos (4.1 meq L^{-1}), calcio (3.2 meq L^{-1}) y boro (0.5 mg kg^{-1}), y baja disponibilidad de potasio (0.5 meq L^{-1}), magnesio (1.7 meq L^{-1}), sulfatos (0.8 meq L^{-1}), fierro (1.2 mg kg^{-1}), zinc (1.4 mg kg^{-1}) y manganeso (0.6 mg kg^{-1}), de tal manera que se puede decir que la fertilidad inicial del suelo fue de media a baja, lo cual se reflejó en los resultados que se presentan y discuten a continuación.

En el Cuadro 2 se presenta el efecto de los tratamientos evaluados sobre el rendimiento de grano del híbrido de maíz H-520, así como el costo del tratamiento de fertilización aplicado en el cual sólo se considera el costo de los fertilizantes. Al realizar el análisis estadístico se encontraron diferencias altamente significativas (□=0.01) entre los tratamientos aplicados. La prueba de comparación de medias de los rendimientos (DMS) reportó diferencias significativas entre los rendimientos medios obtenidos.

Cuadro 2. Efecto de la aplicación de fertilizante químico y biofertilizante sobre el rendimiento de grano del híbrido de maíz H-520. Muna, Yuc. 2014.

Tratamiento	Nomenclatura	Rendimiento (ton ha^{-1})	Costo ($)
T1	0% NPK + 0% BF	2.743 c	0.00
T2	50% NPK + 0% BF	5.574 b	$ 3,580.00
T3	100% NPK + 0% BF	5.718 ab	$ 7,160.00
T4	0% NPK + 100% BF	3.157 c	$ 400.00
T5	50% NPK + 100% BF	6.355 a	$ 3,980.00
T6	100% NPK + 100% BF	6.236 ab	$ 7,560.00

*Rendimientos con la misma letra son estadísticamente iguales (a= 0.05)

El mayor rendimiento se obtuvo con T5 (6.355 ton ha^{-1}) siendo estadísticamente igual a los tratamientos T6 (6.236 ton ha^{-1}) y T3 (5.718 ton ha^{-1}), pero diferente a los tratamientos T4, T2 y T1. Es notorio que los tratamientos T5 y T6 que recibieron la aplicación de biofertilizantes superaron el rendimiento obtenido con el 100% de la fertilización química (T3). Sin embargo, también es claro que la mejor respuesta del cultivo se obtuvo cuando se combinó la fertilización química con los biofertilizantes, ya que en todos los casos la aplicación adicional del biofertilizante propició el incremento del rendimiento en al menos 0.500 ton ha^{-1}.

El mejor tratamiento fue el que se conformó con el 50% de la dosis de fertilización química más el 100% de la dosis de biofertilizante (T5), ya que propició el incremento del rendimiento de grano y además redujo el costo del tratamiento de fertilización (Cuadro 2), propiciando una mayor rentabilidad del cultivo de maíz. Estos resultados concuerdan con los obtenidos previamente por García *et al.* (2007) e Irizar *et al.* (2003).

Finalmente es importante señalar que el rendimiento obtenido (2.743 ton ha^{-1}) sin la aplicación de fertilizantes es bueno si consideramos que el nivel de fertilidad inicial del suelo se considera de bajo a medio.

Conclusiones

El rendimiento de grano del maíz H-520 se incrementó al combinar la aplicación de biofertilizantes y la fertilización química.

La aplicación de biofertilizantes incrementó la rentabilidad del maíz al reducir los costos de la fertilización.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Gobierno del estado de Yucatán el financiamiento del "Proyecto especial de asistencia técnica y capacitación a agricultores de la región Sur-Poniente del estado de Yucatán", cuyos resultados son motivo de este documento.

Bibliografía

Aguirre M., J. F. 2004. Biofertilizantes microbianos: antecedentes del programa y resultados de validación en México. En: Memoria del Simposio de Biofertilización, 25 de noviembre de 2004. Campo Experimental Río Bravo, Tam., Méx. p. 71-86.

Andrade, F.; S.A. Uhart, and M.I. Frugone. 1993. Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize: shade vs. plant density effects. Crop Science, 33:482-485.

Alarcón A., y R. Ferrera C. 2000. Biofertilizantes: importancia y utilización en la agricultura. Agricultura Técnica en México 26: 191-203.

Castellanos, J. Z. 2003. Manejo de la fertirrigación en suelo. En: Muñoz R., J. J. y J. Z. Castellanos (Eds.). 2003. Manual de producción hortícola en invernadero. INCAPA. México. pp. 109-129.

García O., J. G., V. R. Moreno M., I. C. Rodríguez L., A. Mendoza H. y N. Mayek P. 2007. Efecto de cepas de *Azospirullum brasilense* en el crecimiento y rendimiento de grano de maíz. Revista Fitotecnia Mexicana 30 (3): 305-310.

Irizar G. M., P. Vargas, D. Garza, C. Tut, M. Rojas, A. Trujillo, R. García, D. Aguirre, J. Martínez, S. Alvarado, O. Grajeda, J. Valero y J. Aguirre. 2003. Respuesta de cultivos agrícolas a los biofertilizantes en la región central de México. Agricultura Técnica en México 29: 213-225.

Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP). 2014. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). http://www.siap.gob.mx/**.**

Tosquy-Valle, O.H.; R. de la Garza-Garza, G. Castañón-Nájera y R. Morones-Reza. 1998. Fertilización edáfica y densidades de población para producción de semilla de líneas de maíz. Agric. Téc. en México 24: 111-119.

Tun D., J.C., J.H. Ramírez S., A.J. Cano G. y N.G. Uzcanga P. 2014. Producción de materia seca y rendimiento de maíz bajo riego, en Luvisoles del sur de Yucatán. En: Flores, M.J.P., B. Corral D., P. Osuna A., J. Torres P., J. Valero G. y A.I. Flores A. 2014. Memoria del XXXIX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, 19 al 24 Octubre de 2014. Ciudad Juárez, Chihuahua. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez, Chihuahua, México. 213-217.

ZEOLITA EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE DE GALLINAZA

Valerio-Luna, SG[1]; Baca-Castillo, GA de J[2]; Quintero-Lizaola, R[3*]; Quispe-Limaylla, AG[4]

[1, 2, 3, 4] **Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. 56230 Montecillo, Estado de México.**

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

Resumen

Los residuos del sector avícola, principalmente el excremento de aves ponedoras (gallinaza), pueden generar un impacto negativo en el ambiente contribuyendo a la contaminación de suelo, agua y aire si no son manejados adecuadamente. La estabilización aeróbica a través del compostaje con la incorporación de la zeolita es una alternativa de tratamiento para reducir la contaminación. El objetivo de este trabajo fue evaluar la transformación del residuo orgánico de la gallina con la incorporación de la zeolita en el proceso de compostaje. Se estudiaron tres tratamientos con tres repeticiones. Las variables analizadas fueron: temperatura (T°), pH, conductividad eléctrica (CE) y nitrógeno total (Nt). Las características finales de los compost 1, 2 y 3 fueron: pH 8, 7.4 y 7, CE 12.55, 2.41 y 4.41 (mS. cm- 1), NT 2.53, 6.86 y 4.85 %, respectivamente. Los resultados indican que la incorporación de la zeolita en el proceso del compostaje de la gallinaza, puede contribuir a minimizar la generación de amoniaco y contaminación, mejorando la calidad del producto incrementando sus propiedades nutrimentales.

Palabras clave

Residuos avícolas; trasformación del material orgánico; generación de amoniaco

Introducción

Una de las principales actividades económicas de México es la producción avícola con el 24 % de producción de huevo de mesa, el 40 % de pollo para consumo. Los principales productores se encuentran en los estados de Veracruz, Jalisco, Durango, Aguascalientes, Querétaro, Puebla, Guanajuato, Sinaloa, Chiapas y Yucatán, (Castañeda, 2010). La intensificación del sector avícola, trae como consecuencia la concentración de animales en áreas pequeñas, produciendo la acumulación de grandes cantidades de deyecciones, que generan problemas ambientales como la contaminación del agua, suelos y produciendo malos olores, debido a su mal procesamiento y disposición (Han *et al.,* 2008; García y LonWo, 2007; Rodríguez, 2006).

Una producción avícola conformada por 100.000 aves ponedoras, mantenidas en jaulas, produce más de 12 toneladas diarias de deyecciones (Bourbonnais *et al.,* 1995). Las mismas contienen compuestos orgánicos e inorgánicos, con contenidos de humedad variable y población microbiana abundante. El valor nutritivo potencial de estos residuos es mayor que el de otros estiércoles animales, debido a que son especialmente ricos en proteínas y minerales (García y Ortiz, 2008; Meléndez, 2003).

A menudo, los residuos avícolas son utilizados como abono y aplicados directamente al suelo, sin ningún tipo de tratamiento previo. Sin embargo, estas prácticas pueden conducir a serios problemas por pérdidas de nutrientes mediante lixiviación y volatilización, como también un efecto patógeno con la posible incorporación de microorganismos como *Salmonella* sp

(Ogunwande *et al.,* 2008; García y Lon Wo, 2007). Dentro de las alternativas del apropiado tratamiento de los residuos están documentadas el compostaje, vermicompostaje, bocashi, entre otras, las cuales son eficientes para la transformación de la gallinaza, sin embargo se están buscando nuevas opciones que permitan obtener un abono orgánico con mayores características físico–químicas y nutricionales que sean de lenta liberación del Nitrogeno (N). La presente investigación tuvo como finalidad buscar nuevos materiales que ofrezcan mejores propiedades a la transformación de la gallinaza, reduciendo la contaminación ambiental, esto se puede lograr mediante la recuperación y captación del amonio producido durante la descomposición de la materia orgánica (MO). Las zeolitas pueden ser una alternativa para el control de la contaminación producida por la trasformación de la MO, debido a que tienen una gran capacidad de adsorción de NH_4^+, disminuyendo las emisiones de NH_3 y del H_2S que son los precursores de los malos olores.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en el Colegio de Posgraduados Campus Montecillo. El Residuo orgánico avícola fue extraído de los galpones para la producción de huevo, situados en la granja del Colegio, mientras que la zeolita clinoptilolita fue proporcionada de la mina de San Francisco, ubicada en San Luís potosí. Previo al compostaje de la gallinaza usando zeolita se realizaron análisis en el laboratorio para determinar la eficiencia de adsorción de los iones amonio por la zeolita, se evaluaron tres tratamientos con 3 repeticiones cada uno (Cuadro 1).

Tratamientos	Materiales	Cantidad Gallinaza /zeolita	Relación
T1	Gallinaza	40 KG	Sin relación
T2	Gallinaza /zeolita	20 Kg / 20 Kg	Relación 1:1
T3	Gallinaza /zeolita	20 Kg / 10 Kg	Relación 2:1

Los residuos fueron mezclados manualmente según la composición de cada mezcla hasta obtener una adecuada homogenización. La aireación se proporcionó mediante volteos manuales cada 3 - 5 días, la humedad se mantuvo entre 55 - 65 % con riegos cada vez que se requerían.

El ensayo tuvo una duración total de 7 semanas debido a que se analizó solo el proceso de trasformación de ácido úrico que es la transformación del carbonato de amonio en CO_2 y NH_3, perdiéndose por volatilización (García y LonWo, 2007). Para conocer si genera mayor contenido de Nitrógeno total en los compost, se realizaron 3 muestreos en las pilas de compostaje, la extracción de las muestras se realizó en tres sectores de las pilas; éstas fueron homogeneizadas y cuarteadas hasta obtener una alícuota representativa (TMECC, 2001). Mediante la metodología propuesta por el Test Methods for the Examination of Composting and Compost (TMECC, 2001) se cuantificaron cuatro variables: Temperatura (T°), pH, conductividad eléctrica (CE), y nitrógeno total (Nt). La T° se midió diariamente, el pH, CE, cada 15 días y el Nt al final. Para el análisis estadístico fueron analizadas por la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, ya que los datos no cumplían con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, analizando cada fecha de muestreo por separado. Se consideraron diferencias significativas cuando el valor p fue menor a 0,05.

Resultados y Discusión

Las principales limitaciones de la gallinaza fueron: pH ligeramente básico, elevado contenido de sales, una relación C/N baja (Cuadro 2). Rizzo *et al.* (2013), encontraron resultados similares

en la caracterización del residuo orgánico, donde resaltan que las principales limitaciones que presenta este tipo de residuo para ser composteados (escases de porosidad y el alto contenido de sales), siendo necesario incorporar materiales que aporten carbono y estructura porosa, en este caso la zeolita.

Cuadro 2. Características físico-químicas iniciales de los materiales empleados.

Variables	Gallinaza	Zeolita
pH	8.5 ± 0.2	7 ± 0.1
CE (mS cm-1)	20 ± 0.6	0.11±0.2
N total (%)	5± 1.6	--
Carbono	32.6 ± 2	--

La evolución de las variables físico-química, para la T° presentó diferencias significativas en las semanas 1 y 2 entre los diferentes tratamientos, siendo mayor el T3, alcanzado el máximo valor (26°C). Los tratamientos mostraron el comportamiento de la fase mesófila (T<45°C), al final de la cual se producen ácidos orgánicos (Cronje, 2003). Todos los tratamientos mostraron T° mayor a las atmosféricas (Figura 1).

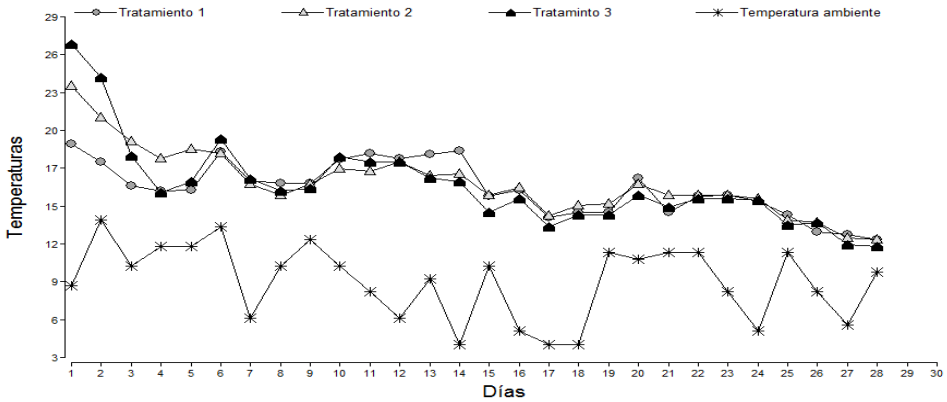


Figura1. Comportamiento de las temperaturas en los distintos tratamientos.

Los tratamientos T1 y T3 presentaron valores iniciales de pH alcalinos 8. 6 y 8 respectivamente mientras que T3 presento valores cercanos a la neutralidad 7.20, manteniendo estos valores hasta la semana 2, en las siguientes semanas presentaron valores de 7.29 (T1), 6.85 (T2) y 7.16 (T3). Moreno y Moral (2007) describen al pH como un indicador del proceso terminado de mineralización debe tener un pH entre 7 y 8; valores más bajos a este parámetro son indicativos de fenómenos anaeróbicos y de que el material aún no está maduro. Al final del proceso se observan valores pH cercanos a la neutralidad, puede atribuirse a la participación de la capacidad de adsorción de la zeolita por los iones amonio, debido a que no se presentaron incrementos de pH durante el compostaje. La CE fue alta al inicio del proceso y disminuyó rápidamente a lo largo de este, encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos. La disminución de esta variable puede deberse a la lixiviación de sales durante el proceso (Rizzo *et al* ,2013; Leconte *et al*, 2009). Los tratamientos T2 y T3 obtuvieron valores aceptables como enmienda de suelos (Cuadro 3).

Con respecto al Nt, existen diferencias significativas entre los tratamientos, entre los tratamientos al inicio y final del proceso hay un incremento leve (Figura 1), al relacionarlo con la capacidad de adsorción de los iones amonio por la zeolita se tendría un incremento bajo en la diminución de olores y en la volatilización de amónico (Valencia, 2011), al darse un incremento

en el Nt en los tratamiento que tienen zeolita está indicando la participación de esta en el proceso de adsorción.

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos sobre variables de T°, CE, pH , Nt.

Tratamientos	T ‡ °C	Ta † °C	CE # mS.cm-1	pH	Nt& inicio %	Nt& final
Tratamiento 1	16.34a§	8.80a	12.55a	8.0a	5	2.53a
Tratamiento 2	16.13a	8.8a	2.41b	7.4ab	5	6.86b
Tratamiento 3	16.09a	8.8a	4.41b	7.0b	5	4.85c
CV††	1.08	0.11	0.05	0.02	0	0.05

§ Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente según Tukey (P ≤ 0.05). †† Coeficiente de variación. ‡ Temperatura, † Temperatura ambiente, # Conductividad Eléctrica,& Nitrógeno total.

El tratamiento T1 tuvo una disminución del 46.4%. Hansen *et al*. (1989) reportaron una disminución del 33% de Nt durante el proceso de compostaje de estiércol de ave de corral. Moore *et al,* (1997) encontraron que la volatilización del nitrógeno de residuos avícolas aumenta cuando los valores de pH superan a 7. Este tratamiento reportó valores pH por encima de 8, lo cual podría explicar parte de las pérdidas de N, mediante la volatilización como amoníaco.

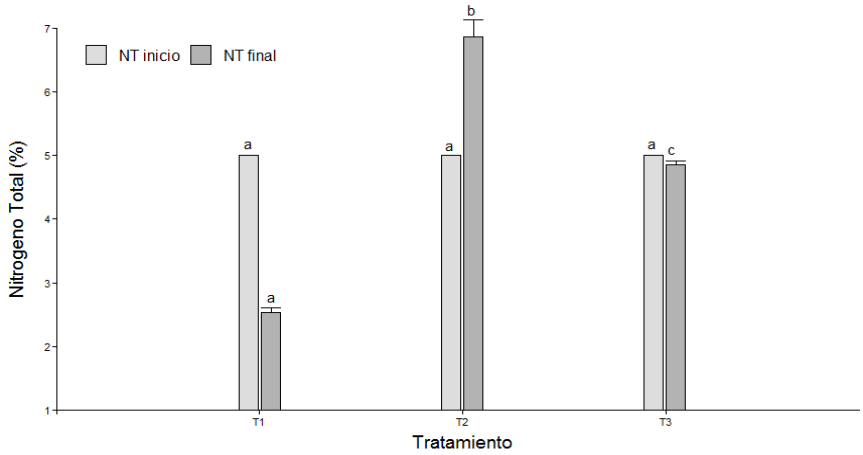


Figura 2. Contenido de Nitrógeno total al inicio y final del compostaje.

Conclusiones

El proceso de compostaje de los residuos avícolas con zeolita mostró una disminución de la salinidad, componentes del carbono y un mayor aumento en el contenido de nitrógeno total complementada con un aumento de la capacidad de retención de nutrientes y humedad. Esta evolución química favoreció la producción de un compost estable, maduro y adecuado para el uso como enmienda orgánica.

Bibliografía

Bourbonnais, R.; Paice, M. G.; Reid, I. D.; Lanthier, P.; Yaguchi, M. 1995. Lignin oxidation by laccase isozymes from Trametes versicolor an role of the mediator 2,2'-azino-bis (ethylbenzothiaazoline- 6-sulfonic acid) in Kraft lignin depolimerization. Appl. Environ. Microbiol. 61: 1876-1880.

Castañeda, F. J. 2010. Servicio de informacion agroalimentaria y pesquera. informacion del sector agroalimentario.

Cronje, A., Turner, C., Williams, A. 2003. Composting under controlled conditions. Environ. Technol. 24 (10): 1221-1234

García Yaneisy y LonWo Esmeralda. 2007. Efecto de los residuales avícolas en el ambiente. pp 1-6. Instituto de Ciencia Animal, Cuba

García, Y. A.; Ortiz, E. 2008. Efecto de los residuales avícolas en el ambiente. International Poultry Expo 2008

Han, J. Ko; Ki Y. Kim, Hyeon T. Kim, Chi N. Kim, M. Umeda 2008. Evaluation of maturity parameters and heavy metal contents in compost made from animal manure. Waste Mangement 28: 813-820.

Hansen, R. C.; Keener, H. M.; Hoitink, H. A. J. 1989. Poultry manure composting. An exploratory study. ASAE 36: 2151-2157.

Leconte, M. C.; Mazzarino, M. J.; Satti, P.; Iglesias, M. C.; Laos, F. 2009. Composting poultry manure with rice hulls and/or sawdust in NE Argentina. Waste Management. 29: 2446-2453.

Meléndez, G. 2003. Indicadores químicos de calidad de abonos orgánicos. pp. 50-63. En Abonos orgánicos: Principios, características e impacto en la agricultura. Ed Meléndez, G. San José, Costa Rica.

Moreno C., J. & Moral, R. 2006. Compostaje. Editorial Mundi- Prensa, Madrid, España.

Moore, P. A.; Huff, Jr. W. E.; Daniel, T. C.; Edward, D. R.; Saucer, T. C. 1997. Effect of aluminum sulfate on ammonia fluxes from poultry litter in commercial broiler houses. In: Proceedings of Fifth International Symposium on Livestock Environment, Transactions of the ASAE 2, pp. 883–891.

Ogunwande, G. A.; Osunade, J. A.; Ogunjimi, L. A. O. 2008. Effects of carbon to nitrogen ratio and turning frecuency on composting chicken litter in turned-windrow piles. Agricultural. 99: 7495-7503.

Rizzo, P.; Della Torre, V.; Riera, N.; Crespo, D.; Barrena, R.; Sanchéz, A. 2013. Co-composting of poultry manure with other wastes from pampean region. ISSN 1438-4957. J Mater Cycles Waste Manag DOI 10.1007/s10163-013-0221-y.

Rodríguez, Marcos, Ana Córdova. 2006. Manual de Compostaje Municipal. Tratamientos de Residuos Sólidos Urbanos, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de ecología.

TMECC, 2001. Test methods for the examination of composting and compost. Department of Agriculture and U.S. Composting Council. http://compostingcouncil.org/tmecc (4 Noviembre 2014)

Valencia. J. 2011. Zeolita: La piedra Mágica. Congreso Internacional www.levante-emv.com/comunitat-valenciana/2011/07/05/piedra-magica/821710.html (15 Noviembre 2014)

CULTIVO ASOCIADO GUAJE ROJO, PITAYA Y PITAHAYA, UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN SUSTENTABLE ALTERNATIVO PARA LAS ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS DEL SUR DE PUEBLA

Domínguez Hernández I[1*], Ruíz Careaga JA[1], López Reyes L[1], Hernández Zepeda JS[1] y Mangas Ramírez E[1]

[1]Benemérita Universidad Autónoma de Puebla 1. Puebla, Puebla, México

*Autor responsable: isaias_dominguez_hdez@hotmail.com, Av. Camino a Xilotzingo núm. 81-1, col. Gavilanes, Puebla, Pué., México. Cp. 72590 Tel. +522223110321

Resumen

La actividad agrícola en el sur del estado de Puebla (región Mixteca), se encuentra en una situación de atraso debido a falta de asistencia técnica, carencia de infraestructura agrícola y escasez de recursos económicos para la inversión, situación que se acentúa con las condiciones edáficas y climáticas prevalecientes que limitan la producción agrícola, colocando a sus pobladores en franca desventaja para la generación de ingresos y alimentos. El sistema de cultivo asociado guaje rojo (*Leucaena esculenta* Benth), pitaya **(***Stenocereus pruinosus*) y pitahaya *(Hylocereus undatus.)* con manejo apegado a un paquete tecnológico adecuado, incrementa la producción, mejora los ingresos, conserva el ambiente y favorece la sustentabilidad del esquema de producción en beneficio de las comunidades pobres y de los grupos indígenas Popolocas y Mixtecos que allí habitan.

El presente trabajo se realizó en San Felipe Otlaltepec, Tepexi de Rodríguez y Molcaxac, Pue., enclavados en la región Mixteca Poblana con el objetivo de evaluar sustentabilidad del sistema de cultivo asociado (SCA) mediante indicadores económicos, sociales y ambientales y compararlo con la sustentabilidad del sistema de cultivo tradicional (SCT).

Los indicadores conservación de horizontes de suelos, estructura, relación C/N y diversidad de poblaciones de microorganismos fue significativamente mayor en SCA.

Los indicadores económicos y sociales se obtuvieron al cuantificar ingresos, egresos, número de jornales a unidades productivas y familiares registrando mayores ingresos, empleos y mejor nivel de alimentación familiar en el SCA.

Palabras clave: Asociación, sustentable, tradicional.

Introducción

La actividad agrícola en la región Mixteca, ubicada al sur del estado de Puebla, se encuentra en una situación de atraso debido a la falta de asistencia técnica, infraestructura agrícola y escasez de recursos económicos para la inversión, situación que se acentúa con las condiciones edáficas y climáticas prevalecientes que limitan la producción agrícola, colocando a sus pobladores en franca desventaja para la generación de ingresos y alimentos. El sistema de cultivo asociado guaje rojo (*Leucaena esculenta* Benth), pitaya **(***Stenocereus pruinosus*) y pitahaya *(Hylocereus undatus.)* con manejo apegado a un paquete tecnológico adecuado, incrementa la producción, mejora los ingresos, conserva el ambiente y favorece la

sustentabilidad del esquema de producción en beneficio de las comunidades pobres y de los grupos indígenas Popolocas y Mixtecos que allí habitan.

El manejo sustentable de las tres especies incluye aspectos de selección y reproducción de plantas, trazo en el predio de cultivo, plantación, aplicación de humus de lombriz y compostas, captación del agua de lluvia y su aplicación en la rizosfera mediante goteo, empleo de coberturas, poda, uso de productos orgánicos y biológicos para el control de plagas y enfermedades, uso de la maleza para alimento del ganado y acolchado en la zona de raíces, cosecha, selección, acondicionamiento y empaque para la venta.

El cultivo asociado se integra a la agricultura alternativa que se define como la agricultura que intenta proporcionar un medio ambiente balanceado, rendimiento y fertilidad del suelo sostenido y control natural de plagas, mediante el diseño de agroecosistemas diversificados y el empleo de tecnologías auto-sostenidas. Las estrategias de manejo se apoyan en conceptos ecológicos que finalmente da como resultado un óptimo ciclaje de nutrientes y materia orgánica, flujos cerrados de energía, poblaciones balanceadas de plagas y un uso múltiple del suelo y del paisaje, explota las complementariedades y sinergias que surgen al combinar cultivos, árboles y animales en diferentes arreglos espaciales y temporales (Altieri M., Nicholls Clara I. 2000).

El guaje rojo, la pitaya y pitahaya son especies que forman parte del panorama vegetativo natural en los prédios de cultivo, solares, patios y traspatios de lós predios urbanos y de las casas habitación en la Mixteca Poblana. También se les encuentra formando parte de la vegetación natural en los montes de selva baja caducifólia que prevalece en esa zona. El guaje rojo es una leguminosa que se le considera como especie endémica de la depresión del balsas de la región "Mexicana" (Zárate, 1994) La pitaya de mayo es endémica de la región mixteca de la zona centro y abarca los estados de Oaxaca, Puebla y Guerrero. (Sánchez Mejorada, 1984).

La pitahaya o pitahaya es una especie introducida y ocupa una amplia zona, desde los climas tropicales, subtropicales y semiáridos de México. Fouqué (1972) lo ubica como originaria del sur de México y Colombia mientras que otros investigadores como Jorge y Ferro (1989) mencionan que su probable origen es América del sur.

Son por tanto, especies adaptadas a las condiciones climáticas y edáficas de las zonas áridas y semiáridas del sur del estado de Puebla y sus frutos de usos alimenticios y medicinales forman parte de la identidad cultural de los habitantes y de los grupos indígenas Mixtecos y Popolocas ahí establecidos.

La vaina del guaje es una legumbre con múltiple utilidad en la cocina Mexicana. Las semillas de guaje podrían considerarse un alimento funcional, principalmente las de guaje rojo debido a su calidad nutricional y mayor actividad antioxidante (Román C., et al. 2014). La pitaya y pitahaya plantas pertenecientes a la familia de las cactáceas, producen vistosos y exóticos frutos también llamados como sus plantas; estos son de atractivos colores y agradable sabor, ambos tienen gran aceptación en el mercado regional y su demanda en el mercado nacional y de exportación tiende cada vez a incrementarse.

Materiales y métodos

El trabajo de investigación se realizó en San Felipe Otlaltepec, Mpio. Tepexi de Rodríguez, Pué., comunidad indígena Popoloca donde se localiza el predio "Pochote" con sistema de cultivo asociado guaje rojo, pitaya y pitahaya desde el año 2005, manejado con paquete tecnológico que incluye preceptos sustentables, edad promedio de plantación 10 años. También en esta comunidad se ubican cuatro predios donde se práctica el cultivo tradicional en los cuales se tomó muestras de suelo y datos del entorno. Otro predio cuyo suelo con sistema de cultivo tradicional fue parte del estudio se ubica en la población de Molcaxac, municipio del mismo nombre.

Los indicadores del componente ambiental se obtuvieron al analizar en laboratorio las propiedades y características químicas, físicas y conteo de poblaciones de microorganismos de muestras de suelo obtenidos en perfiles de suelos donde se desarrolla SCA y SCT. Él contenido de materia orgánica fue determinado por el método de Walkley y black, el intercambio catiónico por centrifugación, la densidad aparente por el método del cilindro, la determinación de textura por el método de Bouyoucos.

Figura 1. Sistema de cultivo asociado guaje, pitaya y pitahaya

Figura 2. Sistema de cultivo tradicional

Para cuantificar las poblaciones cultivables de bacterias, hongos y actinomicetos, se emplearon alícuotas de diluciones decimales de los suelos, las cuales fueron sembradas en placas conteniendo caldo soya tripticaseina (TSA) 30 gr/l, agar 15 gr/l para bacterias mesófilas aeróbicas, Mac Conkey (MS) 25 gr/l agar 25 gr/l para bacterias Gram negativas, PDA 50 gr/l para hongos y PZ almidón- caseína –nitratos para actinomicetos. Las placas fueron incubadas a 30 °C durante tres días para bacterias, cinco días para hongos y 10 días para actinomicetos, al término del tiempo fueron contadas las colonias y expresadas como unidades formadoras de colonias por gramo de suelo (Mora,2010)

Los indicadores económicos y sociales se obtuvieron al cuantificar ingresos, egresos, número de jornales en unidades productivas de cada sistema de cultivo así como de encuestas a las familias propietarias de las mismas.

Resultados y discusión

Cuadro 1. Cuadro comparativo de indicadores ambientales obtenido del análisis de perfiles de suelo. Propiedades físicas.

	Sistema de cultivo asociado		**Sistema de cultivo tradicional**				
Suelos	Perfil 1		Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6
Horizontes	A	B	AB	BC	BC	BC	BC
Profundidad Cm	10	20	4	20	10	10	22
Coloración							
Seco	Pardo oscuro	Gris muy oscuro	Gris muy oscuro	Pardo grisáceo oscuro	gris	Gris oscuro	Gris
Húmedo	Negro	negro	Negro	Negro	Pardo grisáceo oscuro	Pardo grisáceo muy oscuro	Pardo grisáceo
Estructura	Granular, muy poroso, friable, medianamente plástico y adhesivo	Pequeña y mediana, poroso, med. compacto med. plástico, adhesivo	Granular, muy poroso	Subangular mediana, porosidad mediana	Granular, muy poroso	Granular, muy poroso	Subangular, porosidad mediana
Textura	Franco	Arcilloso	Franco	Franco	Franco	Franco	Arcilloso
Arena	38	34	42	28	40	44	28
Limo	36	22	34	36	26	30	28
Arcilla	26	44	22	36	34	26	44
Densidad aparente (DA)	1.27	1.28	1.25	1.28	1.27	1.26	1.27
Compactación	No compacto	Mediano	Mediano	Mediano	Mediano	Mediano	Compacto
Desarrollo radicular	Raíces profusas, finas y medias	Desarrollado, raíces finas y medias	Poco desarrollado, raíces finas	Poco desarrollado	Desarrollado, raíces finas y medias	Medio desarrollado, con raíces finas	Medio desarrollado, con raíces finas

Cuadro 2. Cuadro comparativo de indicadores ambientales obtenido del análisis de perfiles de suelo. Propiedades químicas.

	Sistema de cultivo asociado		**Sistema de cultivo tradicional**				
Suelos	Perfil 1		Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6
Horizontes	A	B	AB	BC	BC	BC	BC
PH (H_2O)	7.5	6.9	7.8	7.8	7.7	7.7	7.8
PH (ClK)	7.5	7.0	7.1	7.4	7.5	7.5	7.6
Materia orgánica (MO)	5.3	5.0	7.0	5.0	7.7	5.3	1.4
CO_3Ca (% eq)	4.4	5.2	18.1	16.6	19.8	19.8	19.6
Bases cambiables							
Bases cambiables (Cml/Kg):							
Ca	92.8	103.8	142.7	124.1	122.5	129.9	128.6
Mg	5	3.6	5.0	17.9	4.2	3.6	3.0
K	1.25	0.39	0.82	0.74	0.65	0.53	0.77
Na	0.36	0.28	0.38	0.37	.26	0.3	0.26

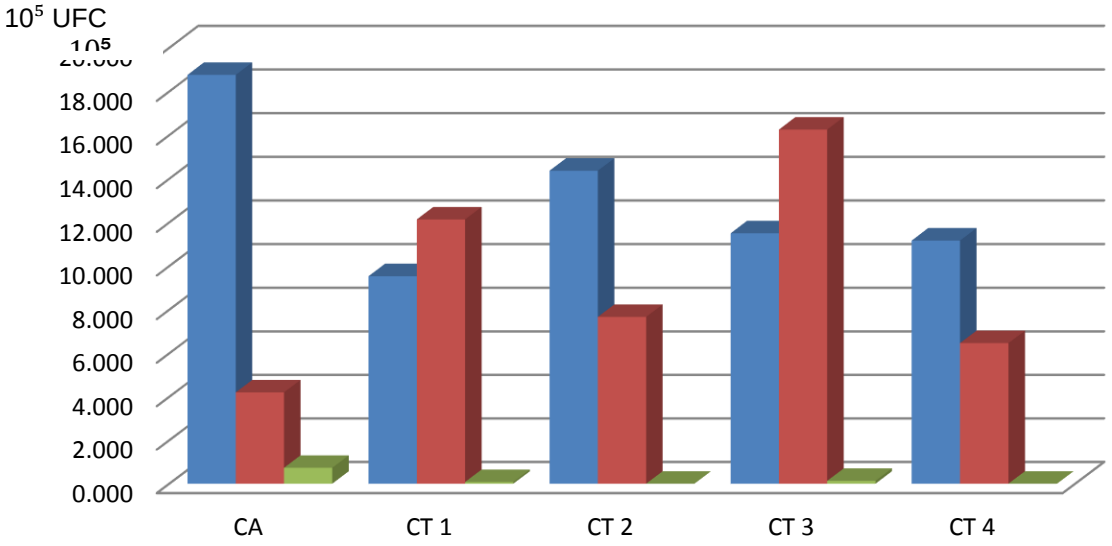


Figura 1. Grupos bacterianos presentes en muestras de suelo. SCA (Sistema cultivo asociado) y SCT (Sistema cultivo tradicional). Azul, bacterias mesofílicas aeróbicas, Rojo, bacterias filamentosas. Verde, bacterias Gram negativas.

10^5 UFC

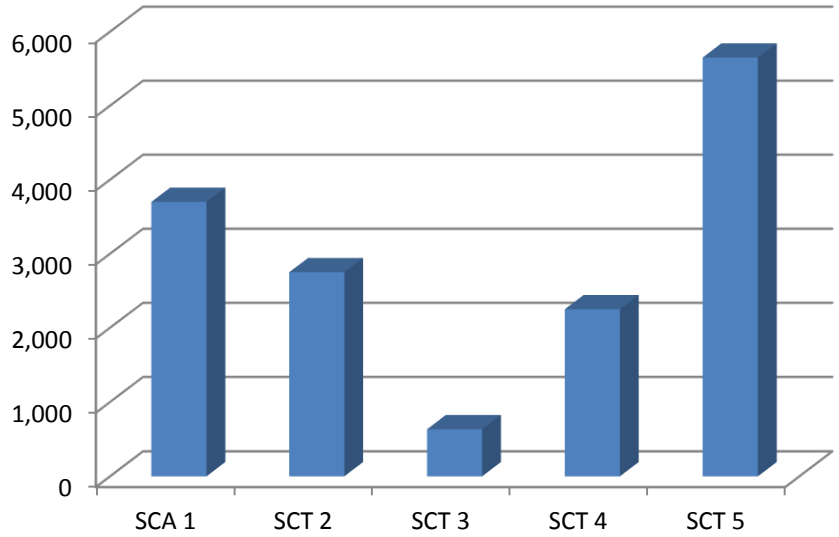


Figura 2. Grupos de hongos presentes en muestras de suelo. SCA (Sistema cultivo asociado) y SCT (Sistema cultivo tradicional).

Conclusiones

Se concluye que el sistema de cultivo asociado (SCA) favorece la conservación de los suelos, mejora sus características físicas, químicas, la cantidad y diversidad de poblaciones de microorganismos en beneficio de las especies allí cultivadas.

Con el SCA se generan mayores rendimientos y de mayor calidad los productos, mayor diversidad de productos para el mercado, producción continua durante 9 meses del año (Mayo–Enero), se genera mayor número de empleos y mayores ingresos en relación de las unidades productivas cultivadas con el sistema tradicional.

Bibliografía:

1) Ortiz H., Y.D., M. Livera M. y J.L Tirado T. 1994. El cultivo de la pitahaya (*Hylocereus spp.*) y sus perspectivas en México.
2) Paneque Pérez V. M. y Calañas Naranjo M. 2004. Abonos orgánicos, conceptos prácticos para su evaluación.Eds. MINREX. La Habana. Cuba. 54 pp.
3) Pierri, N. (2005). Historia del concepto de desarrollo sustentable. *Guillermo Foladori y Naina Pierri, coordinadores, Sustentabilidad*, 27-81.
4) Sánchez M., H. 1984. Origen, taxonomía y distribución de las pitayas en México.
5) Sarandón, S. J. (2002). El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. *Agroecología: El camino para una agricultura sustentable*, 393-414.
6) Zárate, S. 1994. Revisión del Género *Leucaena* en México. Anales del Instituto de Biología – UNAM. Serie botánica, 65 (2): 83-162
7) Zárate, S. 1994. Revisión del Género *Leucaena* en México. Anales del Instituto de Biología – UNAM. Serie Botánica. 65 (2): 83-162.
8) SIRE: CONABIO-CONAFOR Paquetes tecnológicos. México. 6p.
9) Román C., et al. 2014). Componentes nutricionales y antioxidantes de dos especies de guaje (*Leucaena* spp.): un recurso ancestral subutilizado. Revista Chapingo Serie Horticultura 20 (2):157-170, 2014
10) M. D. Raigón et al.2006. Influencia de la asociación de cultivo sobre la relación equivalente de suelo. Séptimo congreso SEAE, Zaragoza 2006, Num. 159. España.

11) **Altieri M., Nicholls Clara I. 2000. Agroecología Teoría y práctica para una agricultura sustentable.** Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. Serie 1era. Edición. México D.F.
12) Munsell 1994. Munsell soil color charts.
13) Mora, M 2010. Aislamiento y caracterización de rizobacterias de suelos agrícolas con potencial de ser empleadas como "biofertilizantes" en la producción de hortalizas. Querétaro, Qro. 13-16 pp.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE CLADODIOS DE *Opuntia ficus-indica* Mill. CULTIVAR 'VILLANUEVA' EN TRES ETAPAS DE DESARROLLO DE LA COCHINILLA (*Dactylopius coccus* C.)

Martínez-Díaz, JL[1], Esparza-Ibarra, EL[1], Cabral-Arellano, FJ[1], Magallanes-Quintanar, R[2], Blanco-Macías, F[3], Macías-Rodríguez, FJ[3], Valdez-Cepeda, RD[3], Ortega-Espinoza, J[3], Méndez-Gallegos, S de J[5*]

[1]Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ciencias Biológicas. Zacatecas, Zac., México.
[2]Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica. Zacatecas, Zac., México.
[3]Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro Norte. Zacatecas, Zac., México.
[4]GranaZac. Sociedad de Producción Rural de Responsabilidad Limitada. Villanueva, Zacatecas, México.
[5]Colegio de Posgraduados, *Campus* San Luis Potosí. Salinas de Hidalgo, SLP., México.

*Autor de Correspondencia, Correo-E.: jmendez@colpos.mx; Iturbide 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí. C. P. 78600; Tel. +52(496)-963-0240

Resumen

La cochinilla (*Dactylopius coccus* C.) es una de las fuentes principales colorantes naturales a nivel mundial en la industria alimentaria, cosmética, textil y farmaeútica. En México las condiciones ambientales adversas, los enemigos naturales y los competidores del insecto hacen necesaria su cría intensiva en cladodios desprendidos de la planta madre y bajo condiciones semicontroladas. Lo anterior presenta como limitante productiva, entre otras, un bajo contenido de Ácido Carmínico, principal compuesto colorante, ocasionado posiblemente por el desabastecimiento nutricional del cladodio. Para clarificar lo anterior, se tomaron muestras de cladodios de nopal *Opuntia ficus-indica* Mill. L. cultivar 'Villanueva' infestados con cochinilla (*D. coccus* C.) en cada una de sus tres etapas de desarrollo (Ninfa I, Ninfa II y Adulta) y se llevaron a cabo análisis bromatológicos y químicos. Los resultados mostraron una reducción en cenizas entre la primera y tercera etapa de 7.67 a menos de 1%, posiblemente asociado al consumo de minerales por parte del insecto. El resto de los parámetros no tuvieron una tendencia clara. Respecto al análisis químico se observó una reducción sistemática en las tres etapas de desarrollo de Ca, K, Cu, Zn, Mn y Fe, los cuales son esenciales para las funciones enzimáticas y metabólicas del insecto. Esto constituye un primer acercamiento al conocimiento de la cochinilla para incrementar su rendimiento y calidad en México.

Palabras clave

Colorante natural; nutrición; plantas de zonas áridas.

Introducción

Es indudable la importancia económica que representó para nuestro país el cultivo de la cochinilla (*Dactylopius coccus*) ligada particularmente a la actividad textil, durante más de 400 años (Donkin, 1977) a tal grado que ha sido considerado uno de

los principales colorantes naturales en el mundo (Méndez-Gallegos *et al*., 2010) Desde las últimas décadas del milenio anterior, numerosos programas y proyectos han sido promovidos, tanto por instituciones oficiales, estatales y municipales, como por organismos no gubernamentales a fin de incentivar el rescate y revaloración del insecto en diversas regiones del país, la gran mayoría de ellos con nulo o poco éxito. En México, los factores climáticos adversos y la presencia de enemigos naturales, principalmente, del binomio nopal-cochinilla limitan la viabilidad de su producción a cielo abierto y en plantas de nopal en pie, como se realiza en otros países (Campos-Figueroa y Llanderal-Cázarez, 2003; Aldama-Aguilera *et al*., 2004)). Derivado de lo anterior, se han generado sistemas de producción de cría intensiva bajo condiciones semicontroladas, donde es posible obtener altos rendimientos (Méndez-Gallegos, 2010) no obstante, en su implementación y masificación del cultivo es necesario considerar, entre otros aspectos, los siguientes factores dentro del invernadero: diferencias de temperatura e intensidad y la calidad de luz en los diferentes niveles de producción y el estado nutricional del cladodio empleado como substrato alimenticio del insecto, ya que pueden influir tanto en el rendimiento y la calidad de la cochinilla.

Considerando la alta demanda que actualmente se tiene del insecto, que su precio está en función del contenido de colorante y que existe poca información relacionada a la influencia que ejerce el estado nutricional del hospedante sobre la cochinilla, se realizó esta investigación con el objetivo de clarificar la tendencia de los nutrientes durante el ciclo de desarrollo de *D. coccus*.

Materiales y Métodos

Recolección de muestras

El estudio se desarrolló de febrero a mayo de 2014. Los cladodios conteniendo cochinilla en tres etapas de desarrollo (Ninfa I, Nifa II y Adulto) fueron obtenidos del sistema de cría intensiva de cochinilla de la empresa GranaZac S. P. R. de R. L. ubicada en Villanueva, Zacatecas. Se seleccionaron tres cladodios infestados de cada una de las etapas y fueron trasladados, para su análisis, al Laboratorio de Biotecnología de la Unidad Académica de Ciencias Biológicas, de la Universidad Autónoma de Zacatecas, Campus II.

Análisis bromatológico y nutrimental

Los cladodios se limpiaron perfectamente y fueron sometidos a un análisis bromatológico para determinar: humedad, extracto etéreo, proteína cruda, cenizas y fibra cruda de acuerdo a la metodología establecida por AOAC (1990); los azúcares totales se cuantificaron empleando el método Lane-Eynon con el reactivo Fehling (NMX-F-496-1987). La humedad se determinó de acuerdo a la NMX-F-083-1986 para alimentos. La determinación de fibra cruda se realizó considerando la metodología establecida en la NMX-F-090-S-1978. Proteínas de acuerdo a lo especificado en la NMX-F-068-S-1980. La determinación de Ca, Na, K y mg se determinaron por espectroscopía de absorción atómica (NOM-051-2001). El fósforo se cuantificó mediante espectrofotometría visible de acuerdo a NOM-029-2001. Las concentraciones de Cu, Zn, Mn y Fe se determinaron mediante fluorescencia de rayos X.

Resultados y Discusión

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis bromatológico se observó que todos los contenidos de fibra, proteínas, grasas, cenizas y °Brix mostraron una tendencia decreciente, conforme el ciclo de desarrollo del insecto aumentaba. Esto posiblemente estuvo relacionado a que los requerimientos nutricionales de la cochinilla se incrementan al desarrollarse (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis bromatológico de cladodios de nopal (*O. ficus-indica*) infestados con tres estadios de *D. coccus*.

Estado de desarrollo	% Fibra	% Proteína	% Grasas	% Cenizas	°Brix
Ninfa I	12.41	6.4386	1.366	17.56	5.5
Ninfa II	11.65	5.2875	1.25	16.59	4.02
Adulto	11.4	5.1504	1.173	15.799	4.02

En cuanto a los valores obtenidos para fibra cruda para las muestras oscilan entre 12% y 11%, por lo general la fibra en un alimento tiene efectos importantes en su valor nutritivo, sin embargo en este trabajo no se realizaron análisis para diferenciar los contenidos de fibra detergente neutro o fibra detergente acido que pudieran precisar más el valor nutrimental de las fibras. En cuanto al contenido de proteínas, en todas las muestras de nopal los oscilaron de 6% a 5 %, lo cual se considera pudiera brindar un buen aporte al insecto. El extracto etéreo los valores son muy similares, pero se muestra una tendencia consistente a decrecer conforme se desarrolla la cochinilla. En cuanto a las cenizas, éstas revelan el contenido inorgánico, este resultado sugiere que la población de cochinilla presente en el nopal abate el contenido de minerales (Trejo, 2003). Los contenidos de los elementos específicos en las muestras se detallan en el Cuadro 2. Por último, en cuanto al contenido de extracto libre de nitrógeno, las muestras dieron valores de 5 y 4 °Brix, respectivamente. Estos valores, corresponden a los carbohidratos digeribles que son transformados en energía al momento de digerirlos.

En el análisis mineral se observa que calcio, es más abundante, lo cual ya ha sido confirmado por Nobel (1998) su alta acumulación incluso puede disuadir a algunos herbívoros y fitófagos a consumirlo. El potasio, al igual que el calcio fue otro de los elementos más abundantes, incluso con mayores valores a los registrados en otros estudios, cuya reducción se registró en mayor proporción, lo que corrobora el importante papel que desempeña en la planta y en la fisiología del insecto. Al respecto Tovar y Moreno (2010) determinaron que Ca y K fueron los elementos que podrían influir en la productividad de la cochinilla de manera letal y positiva, respectivamente.

Cuadro 2. Contenido de nutrientes en cladodios de nopal (*O. ficus-indica*) conteniendo tres estadios de *D. coccus* (base seca).

Elementos	**Estado de desarrollo**		
	Ninfa I	**Ninfa II**	**Adulto**
Calcio (%)	7.08	6.16	5.16
Fósforo (%)	0.24	0.15	0.1
Magnesio (%)	1.22	1.11	0.87
Potasio (%)	6.54	6.37	4.82
Sodio (%)	0.06	0.06	0.05
Cobre (ppm)	5	5	3
Zinc (ppm)	44	28	19
Manganeso (ppm)	473	234	181
Fierro (ppm)	48	40	27

Cabe resaltar que zinc y manganeso fueron microelementos que se redujeron en más de 50%, lo que infiere que pueden ser requeridos en mayor proporción por el insecto a fin de llevar a cabo su actividad enzimática y metabólica. Tal tendencia fue observada por Tovar y Moreno (2010) al confirmar una correlación positiva entre zinc y rendimiento de cochinilla. Wang y Nobel (1995) al colectar el exudado del floema al remover el estilete de otra especie de *Dactylopius* registraron en mayor proporción sacarosa, aminoácidos (valina, isoleucina, leucina, tirosina, glutamina y lisina, principalmente) así como el potasio.

Conclusiones

No fue posible determinar con exactitud que elemento es demandado en mayor proporción por la cochinilla para su desarrollo; sin embargo algunas tendencias muestran que es posible, mediante estudios especificos, conocer con mayor precisión el o los compuesto (s) limitante (s) y proporcionarlo (s).

El potasio se confirma como uno de los elementos que pudieran influir en mayor grado en establecimiento, desarrollo y calidad de la cochinilla. La reducción de azúcares (sacarosa) podría también estar relacionado a una alta demanda por parte del insecto.

La investigación permite conocer en mayor detalle la relación nopal-cochinilla y es una contribución al conocimiento de la nutrición del binomio en México, que permita sentar las bases para trabajos futuros.

Bibliografía

Aldama-Aguilera, C., C. Llanderal-Cázares, M. Soto-Hernández y L. E. Castillo-Márquez. 2005. Producción de grana-cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en plantas de nopal a la intemperie y en microtúneles. Agrociencia. 39:161-171.

Campos-Figueroa, M. y C. Llanderal-Cázarez, 2003. Producción de grana cochinilla *Dactylopius coccus* (Homoptera: Dactylopiidae) en Invernadero. Agrociencia. 37: 149-155.

Donkin, R. A. 1977. Spanish red: an ethnogeographical study of cochineal and the *Opuntia* cactus. Transactions of the American Philosophical Society New Series. 67(5):1-84.

Méndez-Gallegos, S. de J. 2010. De los montes a la biofábrica: la evolución de los sistemas de cría de la cochinilla. *In*: Portillo, L. y A. L. Vigueras (eds) Conocimiento y Aprovechamiento de la Grana Cochinilla. Universidad de Guadalajara, México. pp:135- 144.

Méndez-Gallegos, S. de J., L. A. Tarango-Arámbula, A. Carnero, R. Tiberi y O. Díaz-Gómez. 2010. Growth parameters of cochineal *Dactylopius coccus* costa reared in five cactus pear cultivars *Opuntia ficus-indica* Mill. Agrociencia 44: 225-234.

Nobel, P. S. 1998. Los incomparables agaves y cactos. Ed. Trillas. México. 211 p.

Tovar M., A. y M. Pando M. 2010. Factores físicos y químicos del nopal que inciden en la producción de grana fina (*Dactylopius coccus* Costa) (Homoptera: Dactylopiidae). *In*: Portillo, L. y A. L. Vigueras (eds) Conocimiento y Aprovechamiento de la Grana Cochinilla. Universidad de Guadalajara, México. pp:113- 121.

Trejo P., J. P. 2003. Anatomía y análisis químico proximal de los cladodios de dos especies de *Opuntia*, hospedera y no hospedera, de la cochinilla de la grana (*Dactylopius coccus* Costa). Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. 49 p.

Wang, N. & P. S. Nobel. 1995. Phloem exudate collected via scale insect stylets for the CAM species *Opuntia ficus-indica* under current and doubled CO_2 concentrations. Ann Bot. 75(5): 525-532.

RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE LA MACROFAUNA EDÁFICA DE TRES AGROECOSISTEMAS DE LA COMUNIDAD DE SANTO DOMINGO KESTÉ, CHAMPOTÓN, CAMPECHE

Morán-Arellanos, T[1]; Alcudia-Pérez, JC[1]; José-García, G[1]; Flota-Bañuelos, C[1*]; Candelaria-Martínez, B[1*].

[1]Colegio de Postgraduados, Campus Campeche.

*Carolina Flota Bañuelos cflota@colpos.mx

Resumen

Se evaluó la riqueza y abundancia de la macrofauna del suelo, en tres diferentes agroecositemas; Agroecosistema con Riego (ASR), Agroecosistema sin Riego (ASSR) y Agroecosistema Forestal (ASF). El estudio se realizó en el mes de abril del año 2015, en la región de Santo Domingo Keste municipio de Champotón Campeche. Una variable a medir fue la macrofauna edáfica que después de la colecta se identificaron taxonómicamente según la especie. Los mayores valores de la macrofauna en número de especie colectadas fue en (ASR), por tanto este sistema también obtuvo mayor valor de riqueza en diversidad de especies junto con el (ASSR) y los menores valores se obtuvieron en (ASF), por tanto el orden taxonómico de las especies de la macrofauna que más se identificaron son: Isóptera, Himenóptera, Haplotaxida y Miriápodo. Los resultados sobre la riqueza taxonómica de la macrofauna del suelo indicaron el nivel de degradación del medio edáfico, debido a la intensidad de uso de la tierra.

Palabras clave: Agroecosistema; macrofauna edáfica; suelo; taxonomia.

Introducción

El suelo es un medio poroso constituido por un conjunto de partículas minerales que se encuentran agregadas en unidades estructurales mediante cationes estabilizantes y materia orgánica coloidal. Los poros que dejan entre si estas unidades están ocupados por una mezcla de aire, agua y vapor de agua (Sánchez-Girón Renedo, 1996).

Entre los principales indicadores biológicos, químicos y físicos de la calidad del suelo están la biodiversidad de la micro y macro fauna, la fertilidad y la estructura entre otras (Karlen *et al*. 1997). Los suelos de los diferentes agroecosistemas presentan distintos niveles de calidad, lo que está en estrecha relación con las actividades que se realizan en cada uno como parte de su manejo. En México, el 60% de las tierras agrícolas están afectadas por la erosión en grados de severo a extremo. Así, la perdida de la fertilidad se encuentra en el 80% de la superficie de las tierras agrícolas nacionales, mientras que los distritos de riego en los que se localizan las mejores tierras agrícolas presentan problemas de salinidad (Más *et al*. 2004). Otros trabajos de investigación han caracterizado la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra, con el objetivo de evaluar, a partir de las características de estas comunidades edáficas,

el tipo de uso o formación vegetal, y el manejo de los suelos y de los cultivos (Rodríguez *et al*., 2002; Sánchez y Reyes, 2003; Cabrera- Dávila *et al*., 2007; Serrano, 2010).

La macrofauna se encuentra compuesta por organismos de más de 2 mm de longitud, que se mueven activa mente a través del suelo y pueden elaborar galerías en las cuales viven. Forman parte de este grupo los Isóptera (termitas), Himenóptera (hormigas), Haplotaxida (lombriz de tierra) y Miriápodo (cien pies). El objeto de esta evaluación es el efecto de la intensidad de uso de la tierra sobre la riqueza y abundancia de las comunidades de la macrofauna del suelo, en tres agroecosistemas: (ASR), (ASSR) y (ASF).

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en la región de Santo Domingo Kesté municipio de Champotón Campeche, localizándose en la zona centro del estado, comprendido dentro de los meridianos 89º 32' y 91° 08' de longitud Oeste y entre los 17º 49º y 19º 41º de latitud Norte, El clima en esta la región es cálido subhúmedo con una temperatura media anual de 26°C. Con un régimen de lluvia en los meses de junio, julio, agosto y septiembre. Predominan los vientos cálidos provenientes del este y sureste. Las temperaturas máximas son las de mayo de alrededor de 40° C y las mínimas son las de enero con 10 a 14° C.

Muestreo y colecta de macro fauna edáfica

Se tomarán tres sitios de muestreo por cada Agroecosistema: Agroecosistema con Riego (ASR), Agroecosistema sin Riego (ASSR) y Agroecosistema Forestal (ASF), en cada sitio se cavó alrededor del cuadrante para dejar un monolito con un área de 20 x 20 cm y 20 cm de profundidad divido en tres capas de 0 a 10 cm de profundidad, de 10 a 20 cm y de 20 a 30 cm. Posteriormente se contabilizó a los organismos sobre un plástico blanco, depositándolos en frascos de vidrio etiquetados, el análisis para su posterior identificación se llevó a cabo en el laboratorio de suelos en el Colegio de Postgraduados Campus Campeche.

Cuadro 1. Abundancia y riqueza de macrofauna en los tres agroecosistemas

Agroecosistemas	Abundancia	Riqueza	Total
ASR	45	12	57
ASSR	244	9	253
ASF	38	10	58

Resultados y Discusión

El (ASR) cuenta con una superficie de 0.4 ha., siendo los principales cultivos: maíz, frijol, calabaza (pepitera), Jamaica, cacahuate, chile, epazote, rábano, yerba buena, cilantro y recientemente chia, los cuales cuentan con un sistema de siembra asociada o en relevo con riego de goteo de pozo profundo y los fertilizantes más usados es la urea y algunos herbicidas

de contacto. Estas hortalizas son aprovechadas después de la cosecha para el autoconsumo y muy pocos son vendidos en la región.

En este sistema (ASSR) los cultivos más empleados son: maíz, calabaza (pepitera), Jamaica y cacahuate, solo se asocia Jamaica y cacahuate, los demás son por relevos. Estos cultivos principales se encuentran sembrados en diferentes temporales: maíz (Junio), al cosecharse se siembra la calabaza (agosto-septiembre) y posteriormente Jamaica y cacahuate (noviembre). Los fertilizantes más usados son la urea y triple (18-18-18). Sin embargo otra de las aplicaciones son herbicidas de contacto y sistémicos para el control de malas hierbas o maleza.

El (ASF) las especies maderables son: caoba (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*), pich (*Enterolobium cyclocarpum*). Se estableció hace 25 años en un área de uso común. El manejo corresponde a quema de la vegetación herbácea una vez al año en el mes de mayo. Los diferentes cultivos se siembran asociados o en relevo, no existe un plan específico de rotaciones o asociaciones es cambiante de acuerdo a la disponibilidad de semilla, las hortalizas son casi exclusivamente de autoconsumo, los demás productos se venden en la región. El fertilizante más usado es la urea y se usan herbicidas de contacto.

La fauna edáfica se clasificó por perfil en cada sistema agroecológico identificando a cada especie en su grupo taxonómico, el sistema con mayor número de organismos fue el (ASR) donde se obtuvo principalmente un mayor número de especies del orden Isóptera (termitas), se presentó en el (ASSR). Es posible que la escasez de diversidad de organismos, como los descomponedores, sea debida a la calidad del suelo, principalmente porque los ASR y ASSR son manejados con un gran número de insumos químicos (herbicidas y fungicidas).

El análisis a nivel de orden mostró 13 órdenes taxonómicos presentes en los tres agroecosistemas, identificando una mayor riqueza taxonómica en dos agroecosistemas; 13 órdenes en (ASR), 9 (ASSR) y con un menor número de especies en el (ASF). El orden de las especies en con mayor abundancia fue la Isóptera (termitas) con un total de 220 especies, seguida por el orden Himenóptera (hormigas) con 33 especies y el orden Haplotaxida (lombriz de tierra) con un total de 24 especies.

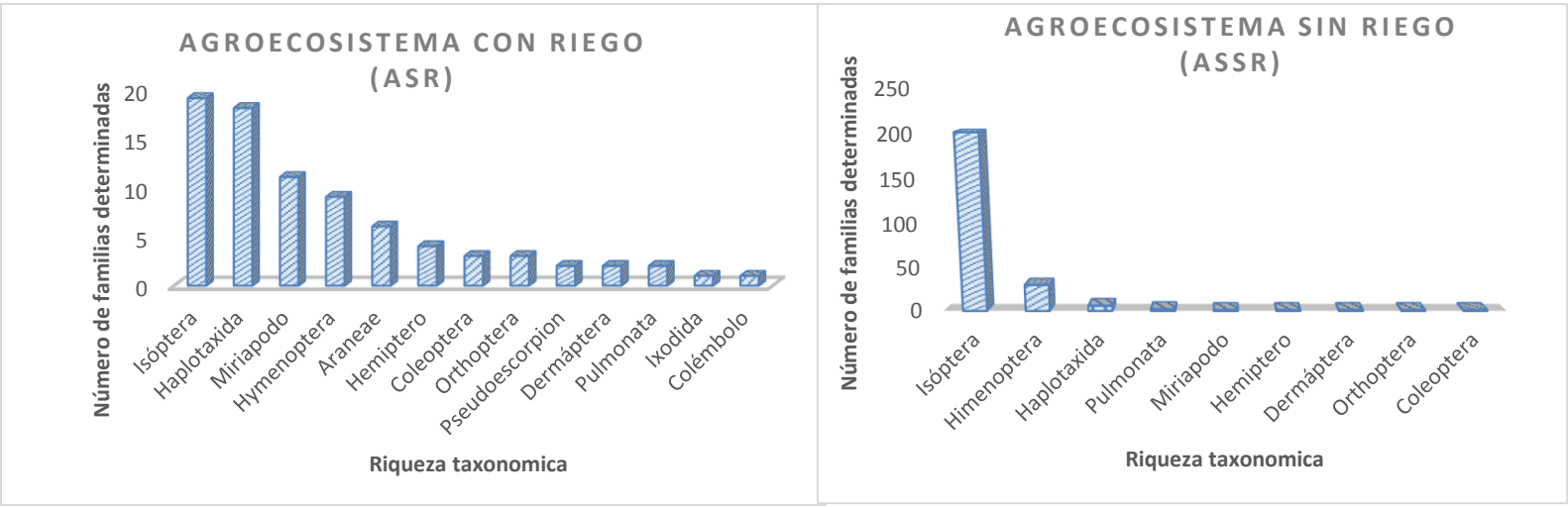


Figura 1. Riqueza y abundancia de la macrofauna del suelo donde se presentaron mayores valores de la

macrofauna.

Conclusiones

Se concluye que el manejo del agroecosistema con riego presenta una mayor riqueza y abundancia de macrofauna debido a la diversidad de cultivos y la abundancia de agua, siendo estos factores de importancia para brindar un equilibrio ecológico en este sistema. Pero en comparación con los otros dos agroecosistemas (ASSR y ASF) presentan un menor abundancia de y riqueza de macrofauna edáfica. También es importante considerar la rotación de los cultivos y que estos tengan una asociación para beneficiar la demanda de nutrientes. Otro de los aspectos importantes es la falta de cultura y el conocer la importancia de la función y relación de los cultivos agricolas, suelo, agua y la macrofauna en el manejo de los agroecosistemas.

Agradecimientos

Al laboratorio de suelos del Colegio de Postgraduados Campus Campeche y a los productores de la localidad de Santo Domingo Kesté del municipio de Champotón, Campeche.

Bibliografía

Cabrera Dávila, G. *et al*. 2007. La macrofauna del suelo en sistemas agroecológicos en Cuba. *Brenesia*. 67:45.

Karlen, D. L., Mausbach. M. J., Doran, J. W., Cline, R. G., Harris, R. F. and Schullan, G. L. 1997. Soil quality: a concept definition and framework for evaluation. Soil/Sci. Soc. Am. 61:4-10.

Más, M. R., Fernández, D. I., Villegas, R. y Bautista, Z. F. 2004. Monolitos de suelo. En: Bautista, Z. F., Delfín, G. H. y Palacios, P. J. L. (Eds). Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Rodríguez, I. et al. 2002. Comportamiento de la macrofauna del suelo en pastizales con gramíneas naturales puras o intercaladas con leucaena para la ceba de toros. *Rev. cubana. Cienc. agríc.* 36 (2):181.

Sánchez-Girón Renedo, 1996. Dinámica y mecánica de suelos. Madrid. Ediciones *Agrotecnicas, S.L. 426* P.

Sánchez, S. & Reyes, F. 2003. Estudio de la macrofauna edáfica en una asociación de *Morus alba* y leguminosas arbóreas. *Pastos y Forrajes.* 26:315.

Serrano, A. 2010. Estructura y dinámica de la comunidad de macroinvertebrados edáficos en dos formaciones vegetales de Boca de Canasí, La Habana, Cuba. Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Zoología y Ecología Animal. Universidad de La Habana, Cuba. 75 p.

DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL PRODUCTIVO DE TECA *Tectona grandis* L, BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL

Ramírez Jaramillo, G[1*]

[1]Centro de Investigación Regional Sureste-INIFAP. Mérida, Yucatán. México.

*1: gramirez0458@hotmail.com; Calle 6 (Av. Correa Racho) Núm. 398, Col. Díaz Ordaz, Mérida, Yucatán. México. CP 97000; Tel. +52(800)-088-2222 Ext. 88512

Resumen

La determinación del potencial productivo de especies vegetales es fundamental para planear el desarrollo de un determinado cultivo en las regiones donde los factores de clima y suelo interaccionan para su mejor crecimiento y producción. En la región sureste de México se han fomentado las plantaciones forestales y en particular en el estado de Veracruz, por lo anterior se planteó la necesidad de determinar si en el estado existen áreas que presenten las condiciones óptimas para establecer plantaciones forestales de Teca *Tectona grandis* L. Se determinaron los requerimientos de la especie y con las bases de datos de clima, suelo y elevación digital se reclasificaron y se analizaron espacialmente a través del SIG Arc/Gis 9.3 y al considerar solo las áreas abiertas al cultivo se encontró que en Veracruz se cuenta con 359,387 hectáreas de alto potencial y 182,522 hectáreas de Mediano Potencial bajo condiciones de temporal, por lo que es fundamental orientar las plantaciones de Teca a estas regiones.

Palabras clave

Regionalización, Plantaciones, Forestales.

Introducción

La selección de especies es fundamental para establecer una plantación forestal comercial en un área determinada, es decir, al plantar una especie en un lugar es importante que se le proporcionen las condiciones adecuadas, las cuales favorecerán su óptimo crecimiento. Cada especie forestal tiene sus propios requerimientos para su desarrollo, por lo que las principales condiciones agroecológicas que deben considerarse son tipo de suelo, clima, factores de riesgo ecológico y eventos extremos (precipitaciones excesivas, inundaciones, sequías, ciclones), entre otros. Para que todo esto sea posible, es indispensable realizar un estudio previo de las condiciones naturales en las que se desarrollará la plantación, además de la planeación y distribución del área, a fin de asegurar el éxito y productividad de las mismas, bajo una adecuada selección de especies.

Por lo anterior, en el estudio se describe cuáles son los principales requerimientos agroecológicos de *T. grandis L*, su regionalización para conocer su distribución geográfica en la entidad y si existen zonas de alto o mediano potencial, o simplemente las condiciones no son apropiadas para su desarrollo. Teca es una especie introducida de rápido crecimiento y se distribuye naturalmente en el sureste asiático. Se adapta fácilmente a las condiciones tropicales

de México, especialmente en aquellas regiones de suelos profundos y con precipitaciones superiores a los 1600 mm anuales. Actualmente existen plantaciones en los estados de Campeche, Colima, Jalisco, Nayarit, Sinaloa, Tabasco y Veracruz, principalmente (Conafor, 2011).

Materiales y Métodos

Determinación de los Requerimientos Agroecológicos. Partiendo de la información revisada, en el INIFAP se consideraron los siguientes criterios para determinar las áreas potenciales para plantaciones de *T grandis* L., bajo condiciones de temporal, por lo que en el cuadro 1 se indican las condiciones óptimas para su desarrollo en donde interaccionan todas las variables consideradas como favorables para crecimiento, subóptimos donde interaccionan características climáticas y edafológicas apropiadas con algunas limitantes y finalmente las no aptas (FAO-Ecocrop, 2014).

Cuadro 1. Requerimientos agroecológicos de Tectona grandis L.

Variable	***Unidades***	***Óptimo***	***Subóptimo***	***No Apto***
Temperatura	*°C*	*22 - 32*	*14-22* *32-40*	*Menor de 14* *Mayor de 40*
Altitud	*msnm*	*0 - 500*	*500 – 1200*	*Mayor de 1200*
Suelo	*Tipo*	*Andosoles* *Fluvisoles* *Luvisoles* *Nitisoles*	*Cambisoles* *Kastañozems*	*Acrisoles* *Planosoles* *Vertisoles* *Gleysoles* *Histosoles* *Leptosoles* *Solonchaks* *Regosoles*
Profundidad	*m*	*Mayor de 1.0*	*0.5 – 1.0*	*Menor de 0.5*
pH	*Nivel*	*6.0 – 7.5*	*5.0 a 5.9* *7.5 – 8.0*	*Mayor de 8.0*
Drenaje	*Tipo*	*Bueno*	*Bueno*	*Deficiente*
Latitud Norte	*Grados*	*11-24*	*9 – 10* *25 - 26*	*Menor de 9* *Mayor de 26*
Ciclo del Cultivo	*Días*	*270 - 365*	*200 - 270*	*Menor de 200*

Fuente: Consulta a investigadores forestales y FAO-ECOCROP 2014.

Determinación de las Zonas Potenciales. Para procesar y analizar la información se optó por utilizar el software Arc Gis versión 9.3., programa desarrollado por la empresa estadounidense ESRI. Con él se pueden representar datos georreferenciados, analizar las características y patrones de distribución de esos datos y generar informes con los resultados de dichos análisis (Caso, 2010).

Toda la actividad en Arc Gis tiene lugar dentro del proyecto, una colección de documentos asociados con los que se trabaja durante la sesión de Arc Gis. Los proyectos pueden contener cinco tipos de documentos: vistas, tablas, gráficos, layouts (o salidas impresas) y scripts.

Se identificaron los requerimientos de las principales especies establecidas en las PFC, y se seleccionaron aquellas características adecuadas al desarrollo de las especies vegetales estudiadas por cada variable que se analiza en el estudio, y posteriormente se procedió a

realizar las Intersecciones cartográficas para regionalizar y ubicar las zonas de alto y mediano potencial de Teca (Ver ejemplo en Figura 1).

Respecto a los criterios de regionalización se clasificaron las Zonas Potenciales en Alto, Mediano y No Aptas. Las de Alto Potencial son aquellas en donde interaccionan todas las variables agroclimáticas en su condición óptima para que el cultivo se desarrolle en condiciones competitivas; las de Mediano Potencial son aquellas en donde alguna de las variables agroclimáticas presenta alguna condición subóptima para que el cultivo se desarrolle en condiciones competitivas y las Zonas No Aptas se consideraron aquellas áreas donde una o varias de las variables agroclimáticas presentaba una condición limitante para su desarrollo (INIFAP 1993;Ramírez, 1995).

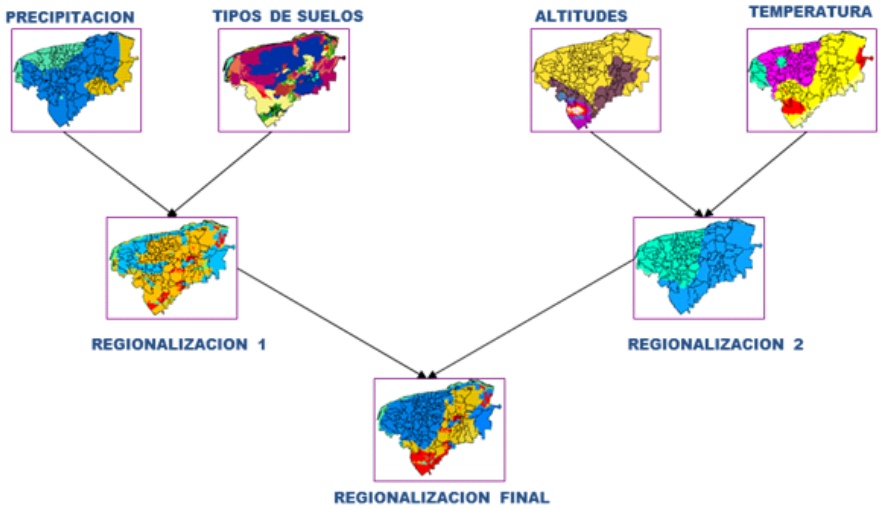


Figura 1. Ejemplo del Proceso de Reclasificación e Intersección para Regionalizar Especies Vegetales

Resultados y Discusión

La zonas de Alto Potencial se identifican en la figura 2 en color verde y las de Mediano Potencial en color naranja, las No Aptas sin color.

Superficie Actual y superficies potenciales de Teca. En el estado de Veracruz existen dos empresas que tenían establecidas plantaciones de Teca y que son: Rancho Chaparral S.P.R de R, L de C. V (Teca, Melina y Cedro) con 1,366 hectáreas y Forestal Xochiapa S.P.R de C. V. (Teca y Melina) con 1,169 hectáreas. El base al estudio se determinó que en el estado de Veracruz existen áreas que presenten las condiciones óptimas para establecer Plantaciones Forestales de Teca. De acuerdo a los resultados se encontró que tan solo en las áreas abiertas al cultivo se disponen de 359,387 hectáreas de Alto Potencial y 182,522 de Mediano Potencial para establecer *T,grandis* L, bajo condiciones de temporal.

Es importante indicar que uno de los principales factores limitativos es la precipitación media anual y sobre todo su distribución, ya que practicamente donde se tienen de 4 a 6 meses secos

(menores de 100 mm) su desarrollo se detiene. Teca requieren suelos con buen drenaje. La condición óptima solo en algunas áreas de Veracruz sobre todo del sur de la entidad se tiene.

Con temporal las posibilidades de las PFC son limitadas ya que su crecimiento al no disponer de los requerimientos de humedad suficientes se ve afectado, el riego de auxilio sobre todo durante los meses mas secos que se presentan de enero a mayo puede permitir ampliar las superficies de alto potencial.

Distribución de las Zonas Potenciales para Teca. La zonas se localizan principalmente en el centro, sur y sureste del estado donde destacan los municipios de Atzalan, Misantla, Nautla, Colipa, Ángel R. Cabada, Las Choapas, Uxpanapa, San Andrés Tuxtla, Santiago Tuxtla, San Juan Evangelista, etc. En el caso de áreas con mediano potencial estas son más limitadas y se distribuyen de manera irregular en la parte centro y sureste del estado destacando los municipios de Atzalan, Misantla, Ignacio de la Llave, Agua Dulce, Moloacán, Nanchital, Ixhuatlán. Los municipios encontrados con alto potencial cuentan con climas Aw cálido subhúmedo y Am cálido húmedo (Figura 2).

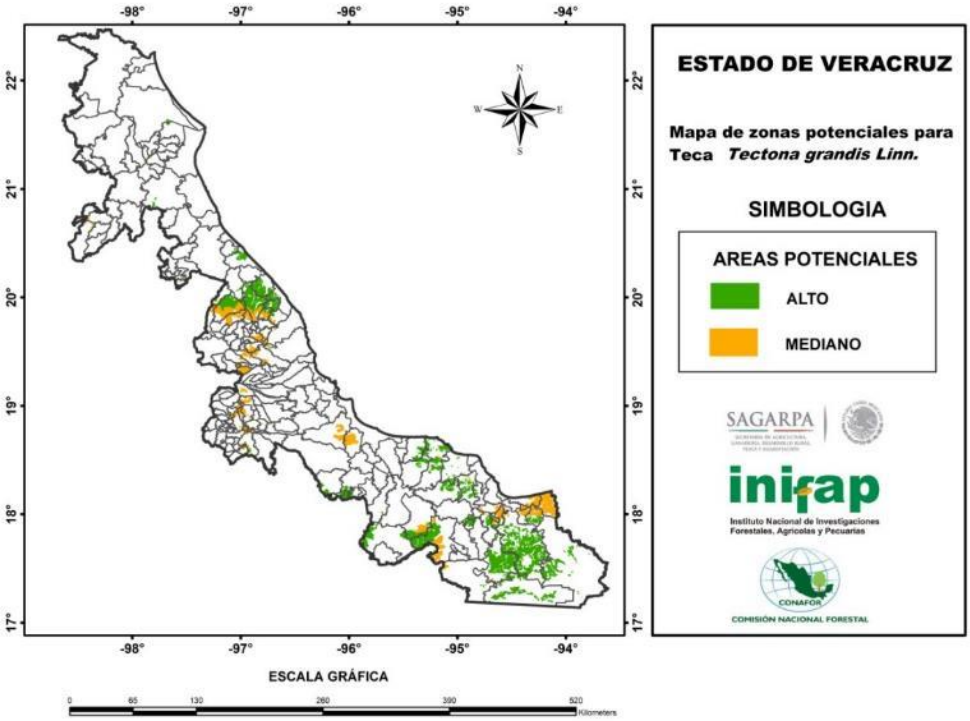


Figura 2. Distribución de las Zonas Potenciales para *Tectona grandis* Linn

Conclusiones

1. Se presentan limitantes para su desarrollo óptimo, lo que influye en la producción y productividad de las plantaciones forestales comerciales en la entidad, 2. La principal limitante para su desarrollo es la cantidad y distribución de la precipitación, 3. Su mejor desarrollo se

manifiesta en suelos profundos, lo que implica competir con áreas agropecuarias para su reconversión productiva, 4. El estado cuenta con las condiciones de altitud y temperatura óptimas en la mayor parte de la geografía del estado para el establecimiento y crecimiento de Teca, 5. Los Suelos con problemas de drenaje, como los Vertisoles y Gleysoles son una limitante para su desarrollo, 6. Las zonas de alto y mediano potencial superan a la superficie actual que se tiene de plantaciones forestales comerciales de Teca, 7. Las plantaciones forestales comerciales en el estado de Veracruz se deben de orientar a las áreas con alto potencial donde se presentan las mejores condiciones de clima y suelo para su desarrollo.

Bibliografía

Caso O, E. E; 2010. Manual de Arc Gis 9.3 Básico. Descripción de la Suit ArcGis, Representación de Consulta y de Datos, Primera Guía. Edición: Región Junin. Integrando el Cambio, Huancayo, Perú. 3 p.

CONAFOR. 2011. Situación Actual y Perspectivas de las Plantaciones Forestales Comerciales en México. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y Colegio de Postgraduados. Montecillos, Edo. de México. 448 p.

FAO, 2014. Ecocrop, Requerimientos ecológicos de las especies vegetales, base de datos. Roma, Italia.

INIFAP-SARH, 1993. Determinación del Potencial Productivo de Especies Vegetales por Distrito de Desarrollo Rural en Campeche, SARH – INIFAP. Mérida, Yuc.

Ramírez J, G. 1995. Áreas con Potencial para el Cultivo de Palma Aceitera en Campeche. INIFAP – Campo Experimental Edzná.

CARACTERIZACIÓN EDAFOCLIMATICA DE REGIONES DEL SUR DEL ESTADO DE PUEBLA.

Santa Cruz Luwig, L[1*], Ruiz Careaga, JA[1], Tamariz Flores, JV[1]

[1]Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas, Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Puebla. México.

*Autor responsable: ludwig67@hotmail.com; Calle Río Papaloapan Núm 6153, Col. San Manuel, Puebla, Puebla. México. CP72570; Tel. +52(222)-294-7397

Resumen.

Un alto porcentaje del territorio del sur del estado de Puebla se encuentra ubicado en la mixteca poblana; a su vez buena parte de los suelos establecidos en esos sectores están en zonas donde predominan climas secos y semisecos, son poco productivos y los índices de pobreza y marginalidad alcanzan niveles altos y muy altos. En el marco de la zonificación agroecológica realizada en el sur del estado de Puebla, se determinó que el 11% del área total es apta para el uso agropecuario, dadas las características favorables del factor relieve; sin embargo, estas regiones no son homogéneas en cuanto a sus propiedades agroproductivas. En este sentido es propósito del presente trabajo establecer las características edafoclimáticas de las regiones llanas y ligeramente onduladas del sur del estado de Puebla que permitan determinar sus aptitudes agroecológicas. Se determinaron las características climáticas a partir de los datos climáticos de la Comisión Nacional del Agua y para la clasificación climática se realizaron análisis multivariados de la información, se consultaron mapas de suelos para la caracterización edáfica y se verificó la información con recorridos de campo; la integración de la información se procesó en los Sistemas de Información Geográfica. Se establecieron tres zonas climáticas y cuatro clases de suelo; la integración de la caracterización climática y edáfica determinó cuatro aptitudes agroecológicas, a partir de las cuales se podrán establecer propuestas adecuadas de manejo y usos sustentables que considere de manera integral al sistema agropecuario.

Palabras clave:

Clima; suelo; aptitudes agroecológicas

Introducción.

El suelo, como recurso natural esencial, tiene límites en cuanto a su capacidad de producción, que está determinada por el clima, la topografía, el tipo de suelo, así como el uso y manejo aplicados en él. Sin embargo, su degradación es poco perceptible y escasamente atendida por los programas gubernamentales, a pesar de ser el cimiento para el sostenimiento de los procesos productivos de los ecosistemas (Contreras, 2006). Es por eso imperioso e importante hacer una evaluación de dicho recurso, con el fin de sentar las bases para un uso y manejo sostenible que optimice su explotación y tome en cuenta los principios para su conservación. En base a lo planteado anteriormente y enfocados particularmente al sur del estado de Puebla, observamos que un alto porcentaje del territorio se encuentra ubicado en la mixteca poblana; a su vez buena parte de los suelos establecidos en esos sectores están en zonas donde predominan climas secos y semisecos, con precipitaciones medias anuales que

no sobrepasan los 1000 mm y son poco productivos; además los índices de pobreza y marginalidad en estos sectores alcanzan niveles altos y muy altos, que se manifiestan en elevadas tasas de analfabetismo, dispersión poblacional, falta de acceso a servicios sociales, pobreza patrimonial y alimentaria (Martínez-Carrasco e Ibarra, 2011) que complican aún más la situación ambiental y favorecen la degradación del ambiente. Ante la problemática imperante en esta parte de la entidad poblana, se realizó una zonificación agroecológica en el sur del estado de Puebla (Santa Cruz, 2014) basada en la propuesta de la FAO (1997), donde se hizo una evaluación de las variables ambientales presentes en las distintas regiones de la zona, que sirvieran de base para la elaboración de alternativas de explotación sostenible y favorecer la competitividad en el campo; en este proceso se determinó que el 11% del área total (9,010 km^2) son áreas aptas para el uso agropecuario dadas las características favorables del factor relieve; sin embargo estas regiones no son homogéneas en cuanto a sus propiedades agroproductivas. En este sentido es propósito del presente trabajo establecer las características edafoclimáticas de las regiones llanas y ligeramente onduladas del sur del estado de Puebla que permitan determinar sus aptitudes agroecológicas, a partir de las cuales se podrán establecer propuestas adecuadas de manejo y usos sustentables.

Materiales y Métodos.

La zona de estudio comprende diferentes áreas del sur de estado de Puebla que se caracterizan por presentar relieves llanos a ligeramente onduladas, donde las pendientes oscilan entre un 3% y menos de 10%; que en su conjunto abarcan 1605 km^2 (Figura 1).

A través de la zonificación agroecológica (Santa Cruz, 2014) se determinaron las características climáticas, en la que se localizaron las estaciones meteorológicas que estuvieran dentro de la zona y que a su vez tuviesen la información completa de los registros climatológicos por más de 10 años. Se consultaron los datos climáticos del banco de datos de la Comisión Nacional del Agua y se precisaron las variables que influyen en el desarrollo y rendimiento de los cultivos y la vegetación en sentido general. Además se realizó una evaluación climática utilizando la Segunda Aproximación al Sistema de Thornthwaite para la elaboración de los climogramas (Secretaria Agricultura, 1978). Para la clasificación climática se realizaron análisis multivariados de la información por la técnica del cluster K- media, el análisis de varianza multivariado (MANOVA) y un análisis discriminante en el sistema Minitab (2005).

Para la caracterización edáfica se consultaron mapas de suelos, escala 1:250 000 (INEGI, 1994; 1999; 2007) y se verificó la información con recorridos de campo en las que se observaron y describieron perfiles, de los que se registraron datos de: profundidad, color, % de materia orgánica, textura, estructura, consistencia y plasticidad.

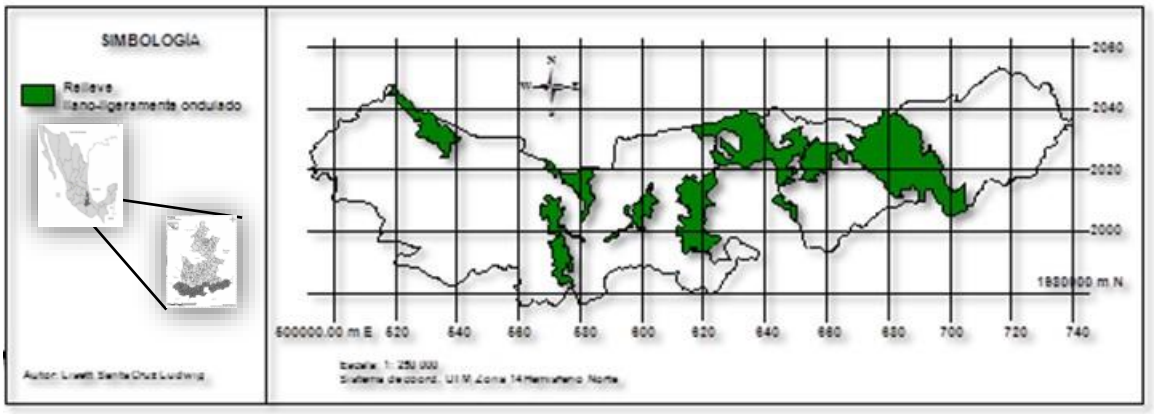


Figura 1. Áreas llanas y ligeramente onduladas del sur del estado de Puebla.

La integración de la información se procesó en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en las que se utilizó el programa ArcView Gis 3.2a (ESRI, 1999) y Mapinfo Professional 11.0 (2011), que a través de la digitalización de los distintos contornos, permitió la elaboración del mapa agroecológico del estado de Puebla en escala 1: 250 000 (Santa Cruz, 2014).

Resultados y Discusión.

La caracterización climática estableció tres zonas climáticas:

Clima cálido semiseco: Las temperaturas medias anuales son de 23.8^{0}C, aunque pueden llegar a máximas de 32^{0}C y mínimas de 15.4^{0}C; las precipitaciones no son muy altas en el año con rangos de entre 600.2 y 658.7 mm, para medias anuales de 623.36 mm. Se definen períodos de lluvia y seca, donde el primero comienza a mediados del mes de mayo y termina a principios de octubre, época en que coinciden los períodos de crecimiento La duración del período de crecimiento abarca 105 días, lo cual es importante a tomar en consideración para las propuestas de cultivos en función de sus requerimientos fenológicos, al tener en cuenta que el clima en estas áreas es un factor limitante, dado que los períodos de alto déficit hídrico predominan en el año. Sin embargo, en determinadas ocasiones durante los períodos de crecimiento pueden generarse acumulación de agua en el suelo, factor que está asociado a las propiedades que tienen los diferentes tipos de suelo de retener agua.

Clima seco cálido: Comprende buena parte de las áreas áridas y semiáridas del estado de Puebla, donde el comportamiento del régimen de lluvias tiene un rango de 249-384.7 mm anuales, para una media de 325 mm en el año; las temperaturas son elevadas, con medias anuales que rebasan los 23^{0}C, y pueden alcanzar máximas de 32.7^{0}C; la duración del período de crecimiento (DPC) es de 75 días. Los períodos de déficit hídrico se prolongan durante casi todo el año, lo cual, es un factor que deberá tomarse en cuenta para la determinación de las posibilidades de explotación comercial.

Clima seco templado: Presenta precipitaciones bajas, entre 237-558 mm anuales, para una media anual de 391 mm y temperaturas medias anuales que oscilan entre los 16.4 y 22^0 C, las cuales pueden llegar a bajar hasta 9.8^0 C. La mayor parte del año las precipitaciones normalmente no exceden los valores de la evapotranspiración, pero pueden ser superadas con pequeñas cantidades en alguna época, que en estos casos se dan entre la segunda mitad de

mayo hasta finales de septiembre; sin embargo el déficit hídrico es permanente durante el año. El análisis de los climogramas dan como resultados una duración del período de crecimiento de 105 días al año.

Por otra parte la caracterización edáfica determinó cuatro clases de suelos:

- Clase 1 de suelos: Agrupa los suelos con buenas propiedades agroproductivas, como los Feozem y Fluvisoles, son profundos, bien drenados, de textura media y fina, no compactos, con alta fertilidad.
- Clase 2 de suelos: Constituidos por Fluvisoles y Regosoles, de buena profundidad, drenados, textura media, no compactos, medianamente pedregosos con fertilidad media.
- Clase 3 de suelos: La integran suelos Vertisoles, que en algunas áreas pueden estar asociados con Feozem, son profundos, presentan problemas de drenaje dada las características propias de este tipo de suelo, con textura fina, compactados en la estación de seca, plásticos y adhesivos en la época de humedad. Buena fertilidad.
- Clase 4 de suelos: Abarca fundamentalmente, Regosoles medianamente profundos, drenados, que en ocasiones pueden asociarse a pequeñas áreas de Fluvisoles bastantes degradadas y a Leptosoles redzínicos; son drenados, de textura media, no compactos y de fertilidad baja.

La integración de la caracterización climática y edáfica determinó cuatro aptitudes agroecológicas (Figura 2):

Aptitud agroecológica I: Son áreas donde se encuentran suelos de la clase 1, que presentan condiciones aptas para la agricultura y la actividad ganadera al ser profundos, fértiles, no pedregosos, con buen drenaje. El clima que predomina en estos contornos es cálido semiseco, donde el régimen de humedad es un factor limitante al presentarse períodos de alto déficit hídrico en el año y la duración del período de crecimiento abarca 105 días; sin embargo, durante estas épocas del año, pueden generarse acumulación de agua en el suelo, además la mayor parte de estas áreas se encuentran en las cercanías de ríos y presas, que facilitan la extracción de agua para riego o para el ganado y evitan la dependencia de los factores climáticos.

Aptitud agroecológica II: Prevalecen los suelos de la clase 2, son profundos, bien drenados, que pueden ser medianamente pedregosos, factibles para la explotación agrícola. Sin embargo, sus limitaciones radican en las condiciones climáticas de aridez, donde los períodos de déficit hídrico se prolongan durante casi todo el año, no obstante, la presencia de algunos ríos y arroyos, así como una extensa red de aguas subterráneas facilitan la agricultura intensiva asociadas al riego y de temporal. Se propone la incorporación de abonos orgánicos, sistemas de riego subterráneo y por goteo así como la construcción de obras de almacenamiento y conducción de agua.

Aptitud agroecológica III: En ellas están presentes los suelos de la clase 3, los cuales en su mayoría presentan propiedades vérticas, que implican deficiencias en el drenaje, sin embargo son suelos fértiles, profundos. El clima es cálido semiseco, donde están muy bien definidas las estaciones secas y húmedas, que conjuntamente a la características edáficas generan factores limitantes como alta plasticidad y riesgos de encharcamiento en la época de lluvia, así como compactación en la estación seca. Se propone el cultivo de pastizales para el uso agropecuario, la construcción de abrevaderos y de obras de almacenamiento y conducción de agua.

Aptitud agroecológica IV: Agrupa suelos de la clase 4, fundamentalmente, Regosoles poco profundos, drenados, asociados a pequeñas áreas de Fluvisoles bastantes degradadas y a

Leptosoles redzínicos. Desarrollados en áreas de extrema escases de agua, donde los cultivos dependen en gran medida de la época de temporal, que a su vez, suele ser reducida, esta situación propicia que los suelos permanezcan largas temporadas al descubierto, sin el más mínimo de cobertura, por lo que los porcientos de materia orgánica son pobres, lo que favorece los procesos de mineralización, la pérdida de fertilidad y la consecuente degradación de los suelos. Se proponen realizar labranza mínima, la construcción de abrevaderos, prácticas vegetativas con coberturas vegetales e incorporación abonos orgánicos, así como mínimo sobrepastoreo en temporadas de seca y la construcción de obras de almacenamiento de agua.

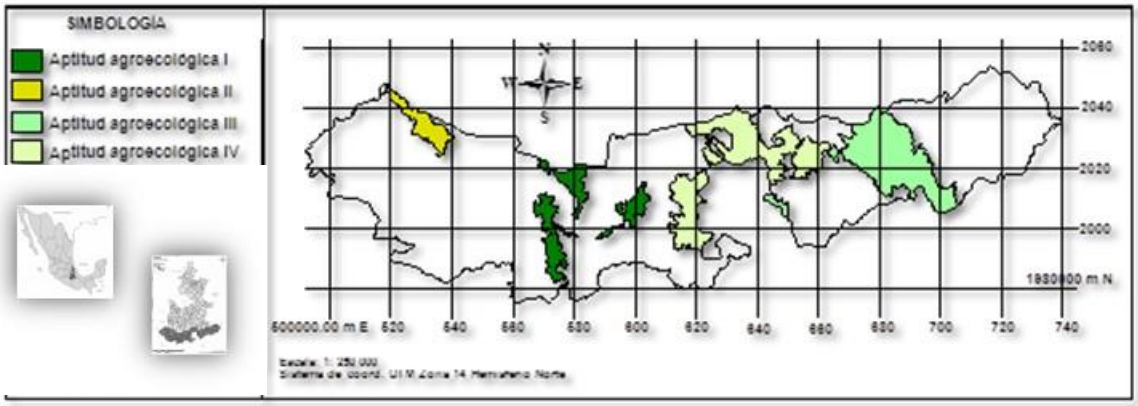


Figura 2. Distribución de las aptitudes agroecológicas en las áreas llanas y ligeramente onduladas del sur del estado de Puebla.

Conclusiones:

La caracterización edafoclimática permitió determinar cuatro aptitudes agroecológicas las cuales podrán ser la base para la elaboración de alternativas de manejo y uso sustentables que considere de manera integral al sistema agropecuario, para establecer prácticas ambientalmente sustentables en el manejo de los recursos naturales que respondan a las necesidades crecientes de la población y favorezcan la conservación del ambiente.

Bibliografía.

Contreras, M.T. 2006. *La Diversidad biológica en Morelos: Estudio del Estado.* México, D.F: CONABIO, Universidad Autónoma de Morelos.156 pp

ESRI.1999. Arc View Versión Gis, Environmental Systems Research Institute, Inc.

FAO.1997. *Zonificación agroecológica. Guía general*. Boletín de suelos de la FAO. Roma. 73 pp

INEGI.1999a. *Carta edafológica*, escala 1: 250 000, Cuernavaca E14-5, 2ª edición, México.

INEGI.1999b. *Carta edafológica*, escala 1: 250 000, Orizaba E14-6, 2ª edición, México.

Martínez-Carrasco, P. F. e Ibarra, M. M. 2011. Mixteca poblana. De la vulnerabilidad a bienestar. España: Editum. Universidad de Murcia. 190 pp.

Mapinfo Professional 11.0 .2011. Copyright Mapinfo © 2011. Pitney Bowes Software Inc.

MINITAB. Release 15. 2005. Statistical Software. Minitab Inc.

Santa Cruz, L. 2014. Zonificación agroecológica del sur del estado de Puebla. Tesis de Doctorado en Ciencias Ambientales. Instituto de Ciencias. BUAP. Puebla. México.

Secretaría de Agricultura y Recursos hidráulicos. 1978. Cálculo del clima de acuerdo al Segundo Sistema de Thornthwaite. Publicación núm. 7, México. 32 pp.

ECUACIONES DASOMÉTRICAS DEL CEDRO (CEDRELA ODORATA L.) COMO FUNCIÓN DE LAS CONDICIONES DEL SUELO

Alonso-Báez M[1*]; Cruz De León A[2]; Avendaño-Arrazate, CH[1]

[1]Campo Experimental Rosario Izapa-INIFAP. Tuxtla Chico, Chiapas. México.
[2]Facultad de Ciencias Agrícolas C-IV-UNACH. Huehuetan, Chiapas. México.

*Autor responsable: alonso.moises@inifap.gob.mx; Calle Km. 18 Carretera Tapachula-Cacahoatan Núm. s/n, Col. Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas. México. CP 30870; Tel. Cel: 962-12-17457

Resumen

El cedro (*Cedrela odorata* L.), es una de las especies maderables más importantes del trópico, debido a las características de su madera de alto valor comercial. Sin embargo, la información acerca de las características fisicoquímicas del suelo sobre su crecimiento es escaza. El objetivo fue estimar las ecuaciones de predicción de variables dasométricas: altura total (H; m) y diámetro normal (DN; cm) como función de las condiciones del suelo en tres localidades de la región del Soconusco, Chiapas, México. En relación con el suelo se determinaron sus características fisicoquímicas mediante 36 muestras extraídas de los tres predios (12 muestras por cada predio); a partir de cuatro rodales en cada predio y, de cada rodal se extrajeron tres muestras puntuales en tres profundidades (0-30, 30-60 y 60-90 cm). Los resultados mostraron que, aun cuando la mayoría de las variables edáficas mostraron alta correlación ($p<0.05$) con las variables dasométricas, las ecuaciones de predicción resultantes indican que las variables dasométricas sólo fueron función de las variables explicativas sitio (ST), materia orgánica (MO), conductividad eléctrica (CE) y agregados cuatro (AG4), respectivamente.

Palabras clave

Soconusco; altura total; diámetro normal

Introducción

El cedro (*Cedrela odorata* L.), es una de las especies maderables más importantes del trópico, debido a las características de su madera de alto valor comercial. Esta especie puede alcanzar hasta 35 m de altura y un diámetro normal de 1.5 m con un fuste cilíndrico considerable. Su crecimiento y desarrollo depende del manejo y de las características del suelo, ya que en suelos poco profundos su desarrollo radical es superficial y extendido, observable en árboles longevos; mientras que en suelos profundos y fértiles las raíces son profundas y el árbol desarrolla un fuste cilíndrico. Se sabe que, el crecimiento de los árboles como toda la flora en general, es función de la interacción compleja de varios factores; pero, las condiciones de clima, suelo y la competencia por los recursos, determinan la composición de las especies y el crecimiento de los árboles (Assmann, 1970). Asimismo, existe una estrecha relación de las condiciones del suelo sobre el crecimiento en altura de los árboles; por lo que actualmente en el ámbito forestal, el interés se centra en precisar sobre sus propiedades físicas, químicas y biológicas, con fines de evaluar la capacidad de sitio, esta característica que predice su viabilidad para la producción forestal y, recientemente, este interés ha cobrado mayor

importancia por la necesidad de aplicar prácticas de manejo forestal con relación a su calidad. Lo anterior, a fin de lograr el funcionamiento sustentable del ecosistema forestal (Karlen *et al*., 1997), donde surge el concepto de calidad del suelo, el cual incluye sus propiedades y procesos, relativos a su capacidad de funcionamiento y salud del ecosistema. Aun cuando el suelo provee de agua, nutrimentos y anclaje a la flora; con propósitos de manejo de plantaciones forestales, la calidad del suelo se define desde su capacidad para producir biomasa; así, en el ámbito forestal se concibe a la calidad del suelo como parte de la calidad de sitio, la cual se reduce sólo a su comprensión para el crecimiento de los árboles y su producción de biomasa (Carmean, 1975). Lo anterior, se debe a la variabilidad espacial donde crece la forestería, lo cual dificulta separar las funciones que ejercen cada uno de los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo, por su naturaleza interactiva y dinámica de los sitios (Harris *et al.,* 1996; Burger y Kelting, 1999). Con base en los antecedentes sobre las condiciones del suelo para el crecimiento de los árboles, se desarrolló esta investigación con el objetivo de estimar las ecuaciones de predicción de variables dasométricas: altura total (H, m) y diámetro normal (DN; cm) del árbol de cedro como función de las condiciones del suelo en la región del Soconusco, Chiapas.

Materiales y Métodos

Esta investigación se realizó durante el segundo semestre de 2012 y primer semestre de 2013 (un año). La información se obtuvo de tres predios establecidos con Cedro (C.odorata L.), ubicados en los Municipios de Suchiate (Latitud: 14º 41' N, Longitud 92º 09' W y altitud de 20 m); Tapachula (Latitud 14º 54' N, Longitud 92º 16' W, y altitud 170 m), y Tuxtla Chico (Latitud 14º 56' N, Longitud 92º 10' W, y altitud 320 m); de la región del Soconusco, Chiapas. La edad de las plantaciones fue de cuatro años. La densidad de plantación fue de 1,111 árboles por ha, sembrados en un arreglo de marco real, espaciados 3.0 m x 3.0 m. La altura total (H; m) y diámetro normal (DN; cm) se tomaron de cuatro rodales por hectárea (2 %), cuya dimensión fue de 6.91 m de diámetro y espaciados 71 m uno del otro; cada rodal consistió de 16 árboles. Las mediciones de altura total se hicieron con la pistola "Haga" y el diámetro normal con la cinta diamétrica. En cada predio y, al interior de cada rodal se obtuvieron muestras de suelo para su análisis físico y químico en las profundidades de 0-30, 30-60 y 60-90 cm (etiquetadas). Así, se contabilizaron tres muestras por cada rodal que, por cuatro sitios puntuales de muestreo resultaron 12 muestras por cada uno de los predios (tres), y así sumaron un total 36 muestras. Éstas se llevaron al área de preparación de muestras, se secaron a la sombra, se tamizaron y se enviaron al laboratorio para su análisis correspondiente. Se les determinaron sus características físicas: Textura: Arena, AR; Limo, L; y Arcilla, AC. (Método de Bouyucos), la densidad aparente y real (Da; g cm-3 y Dr, g cm-3; estimadas por el Software SPAW), agregados (AG1, AG2, AG3 y AG4) (por el método de tamices) y color del suelo. Las propiedades químicas: pH (potenciómetro), capacidad de intercambio catiónico, CIC (Acetato de amonio), conductiviad eléctrica, CE (Conductivímetro), materia orgánica, MO (Walkley y Black, 1934), nitrógeno, N (método Kjeldahl), fósforo, P (Bray I) y potasio, K (Flamometría).

Análisis Estadístico

Con propósitos de este análisis se construyeron las matrices de valores promedio de cada una de las variables edáficas (promedio de cuatro muestras puntuales por tres profundidades cada una), correspondientes a cada una de las localidades de observación (Tuxtla Chico, 1, Tapachula, 2, y Suchiate, 3). Se tuvieron cuatro valores promedio de cada

variable, éstas se agruparon en series de cuatro valores promedio por cada localidad de observación. Asimismo, se obtuvo un valor promedio de 16 árboles (un promedio por cada rodal) para cada una de las variables dasométricas: altura total del árbol (H; m) y diámetro normal (DN; cm). Cada valor promedio de altura total (H) y diámetro normal (DN) fueron apareados con cada uno de los valores promedio de las variables edáficas. De esta forma quedaron conformadas las matrices de series de 12 valores promedio de altura total (H; m) y diámetro normal (DN; cm), contra series promedio de 12 valores de cada una de las variables edáficas. A partir de estas matrices se realizó un análisis de correlación para seleccionar la o las variables edáficas que mejor se correlacionaran con las variables dasométricas del árbol de cedro de acuerdo con el coeficiente de determinación de Pearson (R^2) y su nivel de confianza ($P<0.05$). Posteriormente se realizó un análisis de regresión lineal múltiple a fin de seleccionar las ecuaciones de predicción de variables dasométricas como función de las variables edáfico-regresoras.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se presenta la matriz de valores promedio de altura total (H; m) del árbol de cedro, de sitio (ST: 1, 2, y 3; correspondiente a los municipios de Tuxtla Chico, Tapachula y Suchiate, Chiapas; respectivamente) y de valores promedio de las variables edáficas. En éste se observa que Da y Dr no muestran apreciable variabilidad. Con relación a la textura del suelo, los municipios de Tuxtla Chico y Tapachula presentan suelos de tipo franco arenosos y el predio en Suchiate, el suelo es de tipo franco arcillo y arcilloso, respectivamente. También los contenidos de MO muestran alta variabilidad, ya que su comportamiento muestra una apreciable disminución para Tuxtla Chico y Suchiate, lo anterior, porque el predio en el primer municipio se ubica entre los microclimas que reciben mayor precipitación anual, y esta condición promueve mayor cobertura vegetal con vegetación alta perennifolia, misma que disminuye para Suchiate, donde la magnitud de la lluvia disminuye drásticamente. Asimismo, se observa la misma tendencia de la disminución del contenido de P en Tuxtla Chico y Suchiate. En relación con el valor promedio de pH éste muestra un comportamiento de ácido a ligeramente ácido para Tuxtla Chico y Suchiate y, lo anterior se debe a la magnitud de la precipitación superior en Tuxtla Chico, ya que una mayor precipitación produce mayor lavado de las bases de Ca y Mg. Con respecto a la salinidad, debido a las condiciones de clima locales de tipo tropical y subtropical, ésta es incipiente. En relación con el resto de las variables edáficas: CIC, AG1, AG2, AG3 y AG4, éstas mostraron alta variabilidad. Estudios similares sobre características físicas del suelo, indican que la textura es una de las más importantes sobre el crecimiento y desarrollo radical de los árboles, por el incremento en la capacidad de absorción de agua y nutrimentos; asimismo, el espesor genético del suelo y la profundidad, conforman las condiciones de aptitud favorables para inducir el crecimiento de los árboles (Wielgolaski, 2001).

Por otra parte, con base en los análisis estadísticos correspondientes, se estimó la Ecuación 1 con un coeficiente de determinación ajustado, $R^2 = 0.95$, y valores de VIF<10 para cada una de las variables regresoras.

$$H\ (m) = 8.62 - 0.96 * ST + 0.18 * MO - 10.64 * CE + 0.05 * AG4 \qquad (1)$$

Aun cuando la mayoría de las variables edáficas mostraron altos valores de correlación (nivel de confianza aceptable; $P<0.05$) con la altura total (H; m), para las condiciones de suelo

particulares en este estudio, el modelo de predicción indica que sólo es función de las variables explicativas ST, MO, CE y AG4, respectivamente.

Cuadro 1. Valores promedio de altura total (H; m) del árbol de cedro, de Sitio (ST) y de las variables edáficas

H (m)	ST	AR# (%)	L (%)	AC (%)	M.O. (%)	N (%)	P (ppm)	PH U	CE ds/m	Da (g cm^{-3})	Dr (g cm^{-3})	CIC Cmol^{+}/100	AG1 (%)	AG2 (%)	AG3 (%)	AG4 (%)
10.64	**1**	58.47	32.33	9.19	10.93	0.53	91.50	5.33	0.04	1.46	2.65	17.39	24.17	10.23	12.37	53.23
9.78	**1**	59.48	31.33	9.19	11.27	0.54	109.07	5.34	0.03	1.41	2.65	15.53	23.47	10.67	13.77	52.10
10.47	**1**	64.48	28.33	7.19	8.67	0.40	103.17	5.44	0.05	1.41	2.65	15.34	25.43	10.93	13.60	50.03
10.15	**1**	64.81	29.00	6.19	8.67	0.41	91.53	5.47	0.04	1.43	2.65	15.59	28.33	11.67	13.57	46.43
8.87	2	55.06	35.97	8.97	2.23	0.11	73.10	6.74	0.06	1.46	2.65	9.99	24.13	14.13	13.90	47.83
7.81	2	54.88	32.30	12.82	2.27	0.11	64.37	6.49	0.08	1.41	2.65	7.86	38.00	13.00	15.33	33.67
8.05	2	53.39	32.06	14.55	1.93	0.09	78.27	6.67	0.07	1.41	2.65	8.58	34.40	13.60	14.17	37.83
8	2	52.39	35.39	12.21	2.27	0.11	81.13	6.72	0.06	1.43	2.65	7.58	37.10	14.70	13.37	34.83
7.18	**3**	47.19	18.75	34.06	2.93	0.13	4.90	6.20	0.15	1.46	2.65	11.19	33.43	14.83	13.40	38.33
7.62	**3**	39.19	18.09	42.73	2.07	0.10	6.63	6.13	0.21	1.41	2.65	11.49	38.33	15.37	13.80	32.50
7.34	**3**	39.31	15.97	44.73	2.80	0.13	5.00	6.33	0.14	1.41	2.65	10.33	37.90	15.37	14.87	31.87
7.5	**3**	41.58	18.03	40.39	2.60	0.12	4.67	6.19	0.10	1.43	2.65	6.30	40.37	13.87	13.67	32.10

H, ST, AR, L, AC, MO, N, P, Ph, CE, Da, Dr, CIC, AG1, 2, 3, 4: son altura total, sitio, arena, limo, arcilla, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, pH, densidades aparente y real, capacidad de intercambio catiónico y agregados 1, 2, 3, y 4, respectivamente.

Cuadro 2. Valores promedio de diámetro normal (DN; cm) del árbol de cedro, de Sitio (ST) y de las variables edáficas.

DAP (cm)	ST	AR (%)	L (%)	AC (%)	MO (%)	N (%)	P (ppm)	PH U	CE dS/m	DA g cm^{-3}	DR g cm^{-3}	CIC Cmol^{+}/100	AG1 (%)	AG2 (%)	AG3 (%)	AG4 (%)
12.44	**1**	**58.47**	**32.33**	**9.19**	**10.93**	**0.53**	**4.90**	**5.33**	**0.15**	**1.46**	**2.65**	**11.19**	**24.17**	**10.23**	**12.37**	**53.23**
10.28	**1**	**59.48**	**31.33**	**9.19**	**11.27**	**0.54**	**6.63**	**5.34**	**0.21**	**1.41**	**2.65**	**11.49**	**23.47**	**10.67**	**13.77**	**52.10**
9.03	**1**	**64.48**	**28.33**	**7.19**	**8.67**	**0.40**	**5.00**	**5.44**	**0.14**	**1.41**	**2.65**	**10.33**	**25.43**	**10.93**	**13.60**	**50.03**
10.55	**1**	**64.81**	**29.00**	**6.19**	**8.67**	**0.41**	**4.67**	**5.47**	**0.10**	**1.43**	**2.65**	**6.30**	**28.33**	**11.67**	**13.57**	**46.43**
7.57	**2**	**55.06**	**35.97**	**8.97**	**2.23**	**0.11**	**73.10**	**6.74**	**0.06**	**1.46**	**2.65**	**9.99**	**24.13**	**14.13**	**13.90**	**47.83**
7.43	**2**	**54.88**	**32.30**	**12.82**	**2.27**	**0.11**	**64.37**	**6.49**	**0.08**	**1.41**	**2.65**	**7.86**	**38.00**	**13.00**	**15.33**	**33.67**
7.48	**2**	**53.39**	**32.06**	**14.55**	**1.93**	**0.09**	**78.27**	**6.67**	**0.07**	**1.41**	**2.65**	**8.58**	**34.40**	**13.60**	**14.17**	**37.83**
7.21	**2**	**52.39**	**35.39**	**12.21**	**2.27**	**0.11**	**81.13**	**6.72**	**0.06**	**1.43**	**2.65**	**7.58**	**37.10**	**14.70**	**13.37**	**34.83**
7.25	**3**	**47.19**	**18.75**	**34.06**	**2.93**	**0.13**	**91.50**	**6.20**	**0.04**	**1.46**	**2.65**	**17.39**	**33.43**	**14.83**	**13.40**	**38.33**
7.1	**3**	**39.19**	**18.09**	**42.73**	**2.07**	**0.10**	**109.07**	**6.13**	**0.03**	**1.41**	**2.65**	**15.53**	**38.33**	**15.37**	**13.80**	**32.50**
7.34	**3**	**39.31**	**15.97**	**44.73**	**2.80**	**0.13**	**103.17**	**6.33**	**0.05**	**1.41**	**2.65**	**15.34**	**37.90**	**15.37**	**14.87**	**31.87**
7	**3**	**41.58**	**18.03**	**40.39**	**2.60**	**0.12**	**91.53**	**6.19**	**0.04**	**1.43**	**2.65**	**15.59**	**40.37**	**13.87**	**13.67**	**32.10**

H, ST, AR, L, AC, MO, N, P, Ph, CE, Da, Dr, CIC, AG1, 2, 3, 4: son altura total, sitio, arena, limo, arcilla, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, pH, densidades aparente y real, capacidad de intercambio catiónico y agre|gados 1, 2, 3, y 4, respectivamente.

En relación con el diámetro normal (DN; cm), en el Cuadro 2 se presenta la matriz de valores promedio de DN del árbol de cedro, de sitio y de valores promedio de las variables edáficas. El análisis de correlación y después mediante el análisis de regresión lineal múltiple se estimó la Ecuación 2 con un coeficiente de determinación ajustado, R^2 = 0.90, y valores de VIF<10 para cada una de las variables regresoras.

$$DN\ (cm) = 11.80 + 0.58 * MO + 1.69 * CE + 1.55 * ST + 0.31 * AG4 \qquad (2)$$

El caso fue similar al anterior, el cual indica que para las mismas condiciones de suelo, la Ecuación 2 de predicción resultante explica que el DN sólo fue función de las variables ST, MO, CE y AG4, respectivamente.

Ambas variables dasométricas revelaron alta correlación con las variables de sitio (ST) y edáficas MO, CE y AG4. Otros estudios similares reportaron el mismo comportamiento de las variables dasométricas del árbol de cedro en suelos de tipo franco arcilloso y condiciones de sitio semejantes a las de este estudio (Moya y Pérez, 2008; Cardoso *et al.,* 2012). La variabilidad de los resultados particulares del suelo, confirman la importancia de sus características sobre el crecimiento dasométrico del árbol de cedro; por ejemplo, la variable física como la textura, y químicas como el pH y contenido de elementos mayores (N, P y K) para el caso particular, y su relación con estudios similares permiten inferir el efecto superior de estas características en la producción sustentable de la madera (Seddighi *et al.,* 2012). En este sentido, otros estudios, confirmaron que la variación en calidad de la madera y crecimiento de los árboles, guardan estrecha relación con las propiedades físicas y químicas del suelo (Rigatto *et al.* 2004). De este modo, muchas veces cuando se tienen condiciones favorables del suelo, éstas regularmente son aprovechadas para establecer especies de árboles de rápido crecimiento, a fin de acelerar la producción de madera de menor calidad (Cutter *et al.* 2004). Lo anterior confirma que, aun cuando las propiedades de sitio no estén directamente relacionadas con la calidad de la madera, sí es posible obtener mayor producción de ésta en sitios de alta productividad, acompañada de una intensa fertilización (Moya y Pérez, 2008).

Conclusiones

Con base en los resultados de correlación y de regresión lineal múltiple, se determinaron las ecuaciones que predicen en función de las variables, sitio (ST) y edáficas MO, CE y AG4; el crecimiento de las variables dasométricas, altura total y diámetro normal del árbol de cedro para las condiciones edafoclimaticas de sitio en El Soconusco, Chiapas.

Bibliografía

Assmann, E., 1970. Principles of Forest Yield Study. Pergamon Press, New York, p.506.

Bognola IA (2007). Unidades de manejo para P. taeda L. no planalto norte catarinense, com base em caracteristicas do meio fisico. Curitiba, 160 f. thesis (DSc. Silviculture), Centro de Ciencias Florestais,Universidade Federal do Parana.

Burger, A. James A., L. D. Kelting. 1999. Using soil quality indicators to assess forest stand management. Forest Ecology and Management 122 (1999) 155±166.

Carmean, W.H., 1975. Forest site quality evaluation in the United States. Advances Agron. 27, 209±269.

Casper, B.B. and R.B. Jackson. 1997. Plant competition underground.Annual Review of Ecology and Systematics, 28: 545-570.

Cutter, B. E., Coggeshall, M. V., Phelps, J. E. & Stokke, D. D. 2004. Impacts of forest management activities on selected hardwood wood quality attributes: a review. *Wood and Fiber Science* 36: 84–97.

Karlen, D.L., M.J. Mausbach, J.W. Doran, R.G. Cline, R.E Harris, and G.E. Schuman. 1997. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. Soil Science Society ofAmerica Journal 61 (1):4-10.

Moya, R; Pérez, D. 2008. EffectS of physical and chemical soil propertieson physical wood characteristicsof *Tectona grandis* plantationsin Costa Rica. *Journal of Tropical Forest Science* 20(4): 248–257.

Rigatto PA, Dedecek RA, Mattos JLM de (2005) Influencia dos atributos do solo sobre a produtividade de P.taeda. *Revista Árvore, Viçosa* **29**, 701-709.

Seddighi A., Farhad, F. K., Bahman, S. F. 2012. Effect of physicochemical characteristics of soil on growth and wood production in Cottonwood Plantation (Populusdeltoides Marsh) (Stury area: Masal forests of Iran). Annals of Biological Research, 2012, 3 (6):3067-3072.

Wielgolaski FE. 2001. Phenological modifications in plants by various edaphic factors. International Journal of Biometeorology 45, 196–202

AGROSISTEMAS SILVOPASTORILES REHABILITADOS POR MEDIO DE CURVAS DE NIVEL Y SURCADO LISSTER

Avila Cisneros, R[1] y Rocha Valdez, JL[2]

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL, Rafael Avila Cisneros, Torreón Coahuila México
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL, Juan Leonardo Rocha Valdez, Torreón Coahuila México.

Resúmen.

El presente trabajo de investigación viene a cerrar un ciclo en los estudios que sobre coeficiente de agostadero se han realizado en las superficies ganaderas de el Ejido El Portento Hidalgo Durango; pues este reporte toma en cuenta dos momentos climáticos diferentes. Me refiero a la generación de datos con la presencia de una severa sequía en 2010, y por el otro la benevolencia de las lluvias al obtener los datos en 2013. En el primer estudio que se realizó en los meses de julio, agosto y septiembre del 2010 tiempo en que la sequía que azotó el norte de México estaba en el punto más crítico; y en la segunda investigación que se llevó a efecto en trabajo de campo en los meses de Octubre y Noviembre del 2013, el período de sequía técnicamente estaba superado ante la presencia en el área de estudio de más de 700 mm de precipitación pluvial. La hipótesis que se ha planteado es que la rehabilitación de los agostaderos por medio del surcado lisster y las curvas de nivel mejoran el coeficiente de agostadero en las superficies ganaderas del ejido El Portento Hidalgo Durango. Para tal fin se implementó un experimento con 2 áreas rehabilitadas, una de ellas con surcado lisster y otra tratada con curvas de nivel, cada una de 100 hectáreas; y como punto de comparación el coeficiente de agostadero de 10.18 has/UA/año que se obtuvo en el estudios del año 2010. Los resultados obtenidos con las labores de rehabilitación nos arrojaron un coeficiente promedio de agostadero de 6.41 has/UA/año; es decir se logró una mejora de reducción de 3.77 has/UA/año; comparadas con el coeficiente de agostadero tomado como referencia. Ante estos resultados la hipótesis se da por aceptada y técnicamente es la rehabilitación con curvas de nivel la que arroja mejores resultados.

Palabras claves:

Agostadero, sequía, rehabilitación.

Introducción.

La presente investigación se realiza en dos etapas; la primera de ellas se lleva afecto en los meses de julio a septiembre de 2010 bajo la situación de una sequía que azotó la parte norte de nuestro México en los años 2009, 2010 y 2011; el objetivo de la misma fue la obtención del coeficiente de agostadero del terreno "el salitre" del ejido El Portento municipio de Hidalgo Durango México que está conformado por cerca de 1000 hectáreas de terreno de material xerófilo muy propio de las características del desierto chihuahuense. La segunda etapa es la continuación del proyecto investigativo de la misma área de estudio pero ahora contabilizando la cantidad de materia seca generada por dos superficies de 100 hectáreas rehabilitadas por medio de curvas de nivel y surcado lisster; el trabajo de campo se realizó en los meses de octubre –noviembre del 2013 cuando el fenómeno de la sequía ya se había

terminado. De ambos momentos de la investigación se han obtenido los coeficientes de agostadero promedio con la finalidad de tener una panorámica más real de las superficies ganaderas del municipio de Hidalgo Durango tomando en cuenta las épocas de estiaje y de lluvias que año con año son un reto de sobrevivencia para los hatos ganaderos bovinos de los productores del sector social del área de estudio.

Ii.-revisión de literatura.

El área geográfica del presente estudio es relacionado con el sistema Vaca- Becerro de la región árida y semiárida de nuestro México. Sobre ese sistema de explotación Hernández V.G. et al (2009) nos reporta que la ganadería extensiva de bovinos es un sistema de producción muy utilizada en México, éste sistema consiste en un bajo manejo, sin una intensificación de la producción e incluye el libre forrajeo del ganado. Es una actividad que requiere de pocos insumos para su manutención y es una alternativa viable para los campesinos-ganaderos de nuestro País. Esta actividad económica arrojó datos muy interesantes relacionados con la exportación de unidades animal a otros países según información de SAGARPA-SENASICA (2012) tal como se observa en el cuadro 1.

Cuadro1: Número de unidades comercializadas por 5 estados en el sistema Vaca- Becerro.

ESTADO:	CABEZAS DE GANADO:
SONORA	348 000
CHIHUAHUA	308 000
DURANGO	223 000
TAMAULIPAS	215 000
NUEVO LEÓN	127 000
COAHUILA	87 000
TOTAL DE LOS 5 ESTADOS:	1 308 000

Fuente: SAGARPA-SENASICA (2012)

En la actualidad los precios de becerros en pie se están cotizando entre los $44 a $50 pesos por kilogramo (SDR Coahuila, 2014) y ante el alto precio de la carne motivado principalmente por 2 factores. El primero que tiene una motivación externa que es la disminución de los inventarios de ganado en los Estados Unidos de Norteamérica, y el otro factor de carácter nacional es que aún tenemos consecuencias de la gran sequía que afectó México tres años antes del 2014 (www.elfinanciero.com.mx , 2015).De ahí que es de suma importancia que se cuide este sistema de producción que como se menciona renglones arriba es de bajo costo. Cother H.(2004) en un estudio auspiciado por el Instituto de Ecología y Cambio Climático (INEC) dependiente de la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAP) nos reporta en su estudio de manejo integral de cuencas en México que " las tinas ciegas y el surcado lisster favorecen la infiltración y retención de humedad en el suelo para el mejoramiento de la producción de forraje. Olivares S.E.(2009); en un estudio de conservación del suelo que se realizó en la región del matorral tamaulipeco que se utiliza para la explotación de especies pecuarias; nos da a conocer que las curvas de nivel son una técnica de conservación de suelos que logra evitar las escorrentías de los suelos e incrementa la infiltración del agua en la tierra. En ranchos donde se realizó esta práctica se observó una buena captación de agua y un sobresaliente crecimiento de pastizales en la parte de influencia de la curva. Y es que como lo escribe Rivera M.M.T.(2012) en su reporte que publica la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León; " las curvas de nivel en agostaderos sirven para proporcionar azolves y escurrimientos, así como aumentar la infiltración y retención de humedad para el establecimiento de reforestación y desarrollo de la vegetación nativa" Otros autores han

realizado aportaciones no solo de carácter técnico- biológico, sino que han tratado de hacer una valoración económica sobre el impacto que se logra con estas labores de conservación. Ibarra F.F. , Rivera M.M. , Ortega S.A. , Denogean B. F. y Moreno M. S. (2004) nos dicen que las curvas de nivel es una práctica muy simple y eficiente para la rehabilitación de agostaderos deteriorados, sirven para la captación de agua. Con esta práctica sin preparar cama de siembra, ni sembrar especies; se ha logrado producir de 150 a 300 kilogramos de forraje seco adicional por hectárea en zonas de matorral del desierto chihuahuense y Sonora. El costo aproximado de construir el bordeado está entre los $300 y $500 pesos por hectárea. Ahora bien; poder cuantificar de manera científica la cantidad de materia seca que se encuentra en un agostadero es un trabajo que requiere un esfuerzo adicional que sea capaz de combinar el trabajo de campo con el trabajo de laboratorio; Gutiérrez C. F.R. (2011) define con el apoyo de otras más fuentes de información que saber determinar el coeficiente de agostadero nos permite saber el número de hectáreas necesarias para mantener a una unidad animal durante un periodo de tiempo de pastoreo; que puede ser un mes, una temporada o un año. Por que como lo reporta Avila C.R. , Rocha V.J.L. y Aguirre G.S.(2012); los problemas de erosión de los terrenos de agostadero en el norte de Hidalgo Durango no solo fueron por la sequía del 2009 al 2011, si no que también tuvo su origen en la sobreexplotación que fueron objeto por el número de cabezas de ganado bovino que sobre ellos pastaban.

Materiales y métodos.

Relacionados con esas metodologías que nos permiten medir la cantidad de materia seca que hay en las superficies de pastoreo citamos a los autores Monterroso et al (2008) y Church et al (2004) quienes manejaron las siguientes fórmulas que combinan el trabajo de campo y el trabajo de laboratorio.

Fórmula de cálculo de materia seca:

$$\% \, Ms = \frac{\text{peso final} - \text{peso del recipiente}}{\text{peso inicial}} \text{X100}$$

Fórmula para obtener el coeficiente de agostadero. (C.A).

$$C.A. = \frac{\text{Consumo}\langle KgMs|UA|\text{Año}\rangle}{\text{produccion}\,\langle KgMs|Ha|\text{Año}\rangle}$$ =No. Ha/UA/Año ; Dónde:

El numerador es conocido de acuerdo al consumo de un bovino adulto que consume 4900 kilogramos de seca al año; y el denominador es la producción de materia seca en kilogramos por hectárea por año.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: los problemas pérdida de corteza vegetal de los terrenos de agostadero en el norte de Hidalgo Durango no solo fueron por la sequía del 2009 al 2011, si no que también tuvieron su origen en la sobreexplotación que fueron objeto por el número de cabezas de ganado bovino que sobre ellos pastaban.

OBJETIVO: Rehabilitar un área muestra de 100 has del agostadero "C" del Ejido El Portento Hidalgo Durango utilizando las curvas de nivel y el surcado lisster

HIPÓTESIS: Las obras de infraestructura de curvas de nivel y el surcado lisster permiten mejorar el coeficiente de agostadero de las superficies ganaderas del Ejido EL Portento Hidalgo Durango.

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El municipio de Hidalgo está ubicado en la parte norte del estado de Durango, sus limitaciones son :Al norte con el estado de Chihuahua; al sur con los municipios de Indé y San Pedro del Gallo; al oriente con Mapimí y San Pedro del Gallo y al Poniente con Ocampo e Indé. Está ubicado en la altiplanicie mexicana, pues la mayor parte de sus terrenos se extienden en

Meseta de la Zarca, que es una de las llanuras más extensas cubiertas de pastizales, ubicado a 1, 850 metros sobre el nivel del mar. La inclinación general de la planicie es hacia el sureste para descender al bolsón de Mapimí. Este municipio fue eminentemente latifundista teniendo grandes haciendas entre las que figuran: la Zarca, San Juan Bautista, Cruces, San Ignacio y La Mimbrera, que tuvieron enormes riquezas pecuarias (INAFED, 2010).

TRABAJO DE CAMPO

Para realizar el estudio en los dos terrenos, se siguieron los siguientes procedimientos:

a) Nos dirigimos al terreno en cuestión y se realizaron muestreos aleatorios dentro de los mismos con cuadrantes de 200m2 (20X10m).

En base a la distribución vegetativa, seleccionábamos un punto al azar, tomando en la mayoría de las veces algún punto de referencia: ya sea un arbusto, una piedra grande o simplemente marcando una cruz en el suelo.

A partir de ese mismo punto de referencia se trazaban dos líneas una 10 y otra 20 metros cada una con un ángulo de 90° y se marcaron puntos de referencia al final de cada una, finalmente se trazaban otras dos líneas de modo que se cruzaran para marcar el cuarto punto. De esta forma conseguíamos un rectángulo de 20x10m y una superficie de 200m2.

b) Una vez obtenido el cuadrante a muestrear, este se dividía entre 3 (rectángulos de aproximadamente 3.33X20m).

Cada uno de nosotros se posiciono en un sub-cuadrante y en base a la variedad vegetativa dentro del mismo procedíamos a contar el número de plantas de cada especie (contando únicamente las especies consumibles para el ganado) y finalmente realizábamos la sumatoria de cada especie.

c) Al terminar el conteo, se procedió a tomar muestras para el laboratorio de las diferentes plantas que se encontraban en los cuadrantes; estas muestras se guardaban en bolsas de papel, a las cuales se les anotaba el número de terreno, el cuadrante y la fecha en que fue tomada, posteriormente se engrapaba la bolsa para evitar que se salieran y se colocaban en una bolsa de plástico para facilitar su transporte.

Para tomar las muestras; las plantas de mayor tamaño, se cortaban por encima de 20 cm del suelo, procurando tomar la parte que es consumida por los animales, en el caso de las pequeñas, se tomaron con todo y raíz utilizando un martillo o un pico para poder sacarlas. Las plantas de mayor tamaño fueron pesadas en el momento de ser cortadas y las pequeñas se pesaron con una báscula de precisión en el laboratorio.

d) Después de tomar las muestras para el laboratorio, se seleccionaron algunas de las especies y se recolectaban para realizar un prensado de las mismas y utilizarlas para la identificación de la especie.

Para prensar las plantas, se utilizaron tapa de madera, cartones y periódicos; sobre una de las tapas de madera, se coloca un cartón, y una hoja de periódico, en esta hoja se coloca la planta que se va a prensar y se coloca una tarjeta con los datos del cuadrante y de la fecha en que fue tomada.

TRABAJO DE LABORATORIO

En el laboratorio de bromatología de la UAAAN-UL. Se realizó la determinación de la materia seca

Resultados y discusión.

Tal como se observa en el cuadro número 2; podemos ver como los coeficientes de agostadero en el período seco está por encima de 10 hectáreas necesarias para alimentar una unidad animal; mientas que para el periodo de lluvias y valorando las labores de rehabilitación; promedia una mejora cercana de 3 hectáreas por unidad animal por año.

Cuadro2: Coeficientes de agostadero en las 2 etapas de la investigación.

Período referenciado	Coeficiente de agostadero Ha/UA/año
Período sequía 2010	10.18
Período lluvioso 2013 con surcado lisster	3.90
Período lluvioso 2013 con curvas de nivel	1.39

Continuando con los avances de resultados podemos observar en el cuadro número 3 los datos promediados de coeficientes de agostadero para el período de sequía y para el período de lluvias en las áreas rehabilitadas por medio de curvas de nivel y surcado lisster. En los cálculos podemos ver datos más reales sobre las 7 hectáreas necesarias que en promedio se requieren para alimenta una unidad animal con surcado lister y/o las casi 6 hectáreas requeridas para el mismo propósito pero con la actividad rehabilitadora de curvas de nivel.

Cuadro 3: Coeficientes de agostadero promedio de las 2 etapas del estudio.

C.A. en sequía 2010	C.A. en lluvias y tratado de terreno con surcado lisster 2013.	C.A. en lluvias y tratado de terreno con curvas de nivel en 2013.	C.A. Promedio en unidades Ha/UA/año
10.18= A	3.9 = B		(A+B)/2 = 7.04
10.18= A		1.39 = C	(A + C)/2 = 5.78

Y como una forma de resumen general; los cálculos de gabinete nos dan como resultado que en promedio el agostadero C requiere casi 6.5 hectáreas para alimentar una unidad animal en el año; esto tomando en cuenta las labores de rehabilitación realizadas.

Cuadro 4: Coeficientes de agostadero promedio general.

C.A. Promedio con S. lisster Ha/UA/año	C.A. Promedio con curvas de nivel Ha/UA/año	C.A. Promedio General Ha/UA/año
7.04 = x	5.78 = y	(x + y)/2 = 6.41

Conclusiones.

El trabajo de investigación que ahora concluye fue capaz de unificar resultados de dos momentos totalmente diferentes en lo relacionado a la condición climática prevaleciente en cada uno de ellos. En el primer momento de la investigación el coeficiente de agostadero fue del orden de 10.18 has/UA/año y se realizó en el período Julio-Septiembre de 2010 en condiciones de sequía muy fuerte. En el segundo momento de la investigación el trabajo de campo de la investigación se llevó a efecto en los meses de Octubre-Noviembre de 2013 es decir dos años después de la gran sequía que azotó la región del estudio en los años 2009, 2010 y 2011. Las áreas rehabilitadas por medio del surcado lisster y las curvas de nivel nos arrojan un coeficiente promedio de agostadero de 6.41 has/UA/año; en éste dato se puede ver una mejoría diferenciada de 3.77 has/UA/año comparado con el 10.18 has/UA/año que nos sirvió como testigo. Con estos resultados podemos concluir que los objetivos planteados fueron cubiertos en su totalidad y la hipótesis plantada se da por aceptada. Relacionado con la obtención de coeficientes promedios de los dos momentos de la investigación tenemos que con surcado lisster se generó un coeficiente de agostadero de 7.04 has/UA/año y con curvas de nivel se obtuvo un coeficiente promedio de agostadero de 5.7 has/UA/año con lo

que podemos afirmar que el área tratada con ésta segunda actividad es técnicamente mejor.

Bibliografía.

1.- Avila C.R., Rocha V.J.L. y Aguirre G. S.(2012). Medición de la erosión en agostaderos sobre pastoreados del norte de Hidalgo Durango. Articulo presentado en la XXII semana internacional de agronomía FAZ-UJED. Venecia Durango México.

2.-Cother H.(2004).El manejo integral de cuencas en México. Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental. Consultado el 20 de Noviembre de 2014 en: http://www.inec.gob.mx/descargas/publicaciones/452.pdf

3.- Church D.C. , Pond K.R. y Pond W. G.(2009).Fundamentos de Nutrición y Alimentación Animal. Editorial LIMUSA ; 2ª edición. México D.F. pag 25 – 28.

8.-Gutiérrez C.F.R.(2011). Determinación del coeficiente de agostadero en tres terrenos del ejido El Portento municipio de Hidalgo Durango. Tesis de licenciatura en MVZ. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón Coahuila México.

4.-Hernández V.G. , Sánchez V.L.R. , Carmona V.T.F. , Pineda L. M. del R. y Cuevas G.R. (2000). Efecto de la ganadería extensiva sobre la regeneración arbórea de los bosques de la sierra de Manantlán. Instituto de Ecología A.C. Revista Madera y Bosques. Vol 6 , número 2, 2000. Xalapa México. Consultado el 31 de Marzo de 2015 en: www.redalyc.org/pdf/617/61760202.pdf

5.-Ibarra F.F. , Rivera M.M. , Ortega S.A. , Denogean B.F. y Moreno M.S. (2004). Alternativas prácticas de conservación y mejoramiento de agostaderos en zonas áridas y semiáridas para uso en la ovino cultura. Consultado el 18 de Octubre de 2014 en: http:///www.borrego.com.mx/CIBO2013/docs/alternativas_practicas.pdf

6.-INFAED (2010). http://www.inafed.gob.mx/es/inafed/Capacitacion_Virtual

7.- Monterroso A. , Gómez J., Tinoco J. y Toledo M. (2008). El sector ganadero. Universidad Autónoma Chapingo. Consultado el 23 de Enero de 2014 en: www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187 y en http:www.atmosfera.unam. mx/climático/estudio/Taller-CCA_INE.doc.

8.-Olivares S. E. (2009). Conservación de agua y suelo en explotaciones pecuarias en provincia de matorral tamaulipeco. Consultado el 20 de Noviembre de 2014 en: http://www.conabio.gob.mx/ institución/proyectos/resultados.pdf

9.-Rivera M.M.T.(2012). Regeneración natural y restauración ecológica en zonas áridas del centro-norte de México. Consultado el 18 de Octubre de 2014 en: http://www.fcf.uanl.mx/sitio/defaul/files.pdf

10.-SAGARPA-SENASICA (2012). Aumenta la exportación de becerros. Consultado el 31 de Marzo de 2015 en: www.senasica.gob.mx . Colonia Santa Cruz Atoyac delegación Benito Juárez México D.F.

11.-Secretaria de Desarrollo Rural de Coahuila (2014). Logra precio histórico exportación de ganado. Saltillo Coahuila México. Consultado el 01 de Abril de 2015 en: www.zocalo.com.mx

12.-www.elfinaciero.com.mx/mercados/comodities/dispara-el- precio- de-la-carne consultado el 01 de abril de 2015

USO DE GALLINAZA COMO FERTILIZANTE EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE ORGÁNICO

Carballo-Méndez, FJ[1*]; Rodríguez-Ortiz, JC[2]; Alcalá-Jáuregui, JA[2]; Ruiz-Espinoza, FH[1]; Rodríguez-Fuentes, H[3]; Beltrán-Morales, FA[1] y Díaz-Flores, PE[2]

[1] Universidad Autónoma de Baja California Sur, Departamento Académico de Agronomía. La Paz, Baja California Sur. México.
[2] Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Agronomía y Veterinaria. Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí. México.
[3]Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. Escobedo, Nuevo León, México.

*Autor responsable: ing.fercarballo@hotmail.com; Carretera al sur km.5.5, Col. El Mezquitito, La Paz, B.C.S. C.P. 23080. Tel. +52(612)-123-8800

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el funcionamiento de gallinaza orgánica, como fertilizante, mediante dos sistemas de producción orgánica de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en ambiente protegido. El estudio se llevó a cabo en el rancho El Rosario, Municipio de Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México, en un invernadero tipo túnel de baja tecnología. El manejo del cultivo se llevó a cabo del 27 septiembre del 2013 al 15 febrero del 2014. Se compararon dos sistemas de producción orgánica: I) suelo y II) sustrato. Para dicha evaluación se utilizó el cultivo de tomate tipo saladette de crecimiento determinado de la variedad Pony Express. El trabajo se estableció en un diseño de bloques completos al azar. Las variables fueron: 1) crecimiento: a) número de tallos, b) diámetro de tallo y c) longitud de tallo, y 2) producción a) rendimiento, b) número de frutos, c) peso de fruto. Estadísticamente los resultados fueron iguales, lo que demuestra que la gallinaza es un material útil en la fertilización de tomate orgánico; en los dos sistemas de producción orgánica, suelo y sustrato, se pueden alcanzar rendimientos competitivos, 119 y 116 t ha^{-1}, respectivamente, además de una excelente calidad de fruto.

Palabras clave

Gallinaza, agricultura orgánica, ambiente protegido.

Introducción

Las prácticas actuales de producción agrícola tienen efectos deprimentes sobre el medio ambiente, ya que la utilización en manera desmedida de productos químicos sintéticos, ha llevado al deterioro de las características químicas, físicas y biológicas de los suelos. Además, esto ha provocado la susceptibilidad de las plantas al ataque de plagas y enfermedades, causando en la mayoría de los casos problemas irreversibles, reduciendo drásticamente la capacidad productiva y haciendo estos sistemas de cultivos insostenibles como consecuencia de sus altos costos económicos, ecológicos y sociales. Asociado a esto, también está teniendo un serio impacto en la salud pública (Kaswan *et al*., 2012).

Los sistemas de producción orgánica pueden hacer importantes contribuciones para proporcionar estabilidad alimenticia y un medio de vida para los agricultores, ya que proveen de fertilidad del suelo, proporcionando diversidad y por lo tanto la resistencia de los sistemas de producción de alimentos a la luz de las numerosas incertidumbres del cambio climático (Kaswan *et al*., 2012).

Las tendencias de la agricultura hacia sistemas protegidos, en especial a los invernaderos, es un rubro que está en constante crecimiento; se sugiere se diseñen de tal manera que se apeguen y cumplan fehacientemente los estándares de las producciones orgánicas. Ya que con ello, el productor pueda producir tomate con altos rendimientos y excelente calidad; además de facilitar el cumplimiento de estándares de inocuidad alimentaria, pero sobretodo garantizar que el sistema de producción y el producto, contenga el sello orgánico de alguna de las certificadoras, originando un bienestar social, económico y medioambiental (Márquez-Hernández et *al*., 2010).

En un sistema de producción en invernadero, la fertilización es uno de los elementos claves para lograr el éxito. El uso adecuado de la fertilización orgánica es necesario para promover la producción de cultivos orgánicos. Las fuentes orgánicas de nutrientes incluyen estiércoles, compostas, extractos de compostas y fertilizantes autorizados que pueden ser combinados y usados en orden para lograr un balance en el suministro de nutrientes (Riahi *et al*., 2009; Gravel *et al*., 2010; Márquez-Hernández *et a*l., 2013).

Raviv *et al.,* (2004) señalan que los nutrimentos contenidos en la composta satisfacen los requerimientos del tomate durante los dos primeros meses después del trasplante; así mismo, Raviv *et al.,* (2005) mencionan que la composta cubrió los requerimientos durante los cuatro meses después del trasplante en tomate. Márquez y Cano (2005) determinaron que los elementos nutritivos contenidos en la composta, son suficientes para obtener producciones aceptables en tomate cherry.

En la actualidad, la demanda de alimentos orgánicos está en constante incremento, debido al interés del consumidor por los alimentos inocuos y a los procesos amigables con el ambiente. Por ello, es de gran importancia incrementar el conocimiento acerca de los componentes que conforman los sistemas de producción orgánicos bajo condiciones protegidas, tales como: cambios en el sistema de producción, normatividad y sobre todo el uso y dosificación de diferentes materiales como fertilizantes orgánicos.

El objetivo del presente ensayo fue evaluar el funcionamiento de gallinaza orgánica, como principal fuente fertilizante, mediante dos sistemas de producción orgánica de tomate en ambiente protegido.

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en el rancho El Rosario, Municipio de Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México, ubicado en las coordenadas 22º 10' 29'' latitud norte y 100º 55' 02' longitud oeste, a una altitud de 1870 msnm. Se desarrolló dentro de un invernadero tipo túnel de baja tecnología (traspatio), 250 m^2 (10 m de ancho por 25 m de largo y 5 m de alto), con ventanas laterales de 1.5 m de alto, con cubierta de polietileno color blanco.

Se evaluó el funcionamiento de la gallinaza Meyfer®, certificada como orgánica, como complemento para la fertilización de tomate orgánico. En el caso de la fertilización de fondo, se aplicó una dosis equivalente a 1.2 t ha^{-1} de gallinaza; en fertirriego, se utilizaron lixiviado de gallinaza Meyfer® (como fuente principal de nutrientes), Nutri Allganic N® como fuente de nitrógeno, Nutri Allganic K® como fuente de potasio y Agrokelp® (algas marinas) como fertilización foliar (fuente de microelementos); las cantidades aplicadas de cada material, se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Cantidad de nutriente aplicado por material, en kg ha^{-1}.

Nutriente/Material	Gallinaza solido	Gallinaza lixiviado	Nutri allganic N	Nutro allganic K	Dosis Aplicada
Nitrógeno	8	144	60	-	212
Fosforo	50	150	-	-	200
Potasio	15	107	-	116	238
Calcio	137	43	-	-	180
Magnesio	7	39	-	-	46
Azufre	4	0	-	40	4

Mediante la gallinaza, en sus dos formas aplicadas, sólido y lixiviado, representó el 71.6%, 100%, 51.3%, 100%, 100% y 10%, de la cantidad total aplicada al cultivo de nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio y azufre, respectivamente.

El manejo fitosanitario se llevó a cabo de manera preventiva, aplicándose repelentes y materiales con actividad fungicida, cada semana, no repitiendo el mismo material de manera continua.

El riego se aplicó, para el caso del sistema suelo, mediante cintilla de riego marca i-Tape® calibre ocho mil, con goteros separados cada 20 cm, con un gasto de 5.3 L $min^{-1}m^{-2}$. Cada planta se regó por medio de dos goteros, en base a un tensiómetro marca Irrometer® de 30 cm, colocado en la repetición donde las condiciones climáticas eran más extremas y la humedad del suelo se agotaba más rápido, la tensión para aplicar el riego fue entre 12 y 14 centibares, como lo menciona Castellanos (2008). En el sistema sustrato, se utilizó cinta regante marca Irritec® con goteros de 8 litros $hora^{-1}$ (lph) con estacas derivadoras de 2 lph. Se aplicaron en promedio tres riegos por día, el primero entre las 9:00 y las 10:00 am, el segundo a las 12:00 horas y el tercero poco después de las 15:00 horas. Los volúmenes de cada riego fueron determinados mediante procedimiento propuesto por Castellanos (2008).

Las variables evaluadas se dividieron en dos aspectos: 1) crecimiento: a) número de tallos, b) diámetro de tallo y c) longitud de tallo, que se evaluaron a los 143 ddt, (después de la última cosecha); y 2) producción a) rendimiento, b) número de frutos, c) peso de fruto, las cuales se evaluaron en cada uno de los 32 cortes realizados (los cortes se realizaron cada tres días), que iniciaron a los 43 ddt y perduraron por 100 días.

Los dos sistemas de producción orgánica de tomate se establecieron bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones cada uno. Cada repetición tenía un área de 10 m^2 y 30 plantas, de las cuales se tomaron al azar 10, que fueron la parcela útil. Se realizó un análisis de varianza en el Statistical Analysis System 9.0 (SAS, 2002).

Resultados y Discusión

En el cuadro se muestran los resultados obtenidos de las variables de crecimiento, se observa que estadísticamente no existe diferencia entre los tratamientos, sin embargo, en el caso de numero de tallos se observa que el sistema suelo tiene 19.3% más que el sistema sustrato (cuadro 2).
Toledo *et al*., (2011) realizaron un ensayo con la misma variedad utilizada en el presente trabajo, cultivando en suelo, donde fertilizando mediante vermicomposta, obtuvieron un diámetro final de tallo de 15.2 mm y una longitud final de tallo principal de 70 cm; que, comparando con los resultados obtenidos en este trabajo, muestran un decremento del 17% y 25% en el diámetro de tallo y para longitud de tallo un aumento de 40% y 43%, para suelo y sustrato, respectivamente.

Cuadro 2. Análisis estadístico de las variables de crecimiento del cultivo de tomate orgánico.

	Variables de crecimiento		
Tratamiento	**No. Tallos**	**Diámetro de tallo (mm)**	**Longitud de tallo (cm)**
Suelo	11.97 (a)	12.67 (a)	97.63 (a)
Sustrato	10.03 (a)	11.45 (a)	100.02 (a)
C.V.	14.69	9.48	11.44

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

En el cuadro 3 se muestran los resultados obtenidos de las variables de producción, estadísticamente no existe diferencia entre los tratamientos, sin embargo, se observa una tendencia de mayor rendimiento en el sistema suelo que equivale a un 2.17%. Los resultados obtenidos fueron superiores a los reportados por Toledo *et al*., (2011) quienes obtuvieron 46.5 t ha^{-1} utilizando la misma variedad que el presente trabajo, lo que representa un 156% y un 151% de rendimiento extra, en sistema suelo y sustrato, respectivamente.

Cuadro 3. Análisis estadístico de las variables de producción del cultivo de tomate orgánico.

	Producción		
Tratamiento	**Rendimiento**	**No. Frutos**	**Peso de fruto**
Suelo	119.28 (a)	56.97 (a)	69.39 (a)
Sustrato	116.74 (a)	56.03 (a)	69.63 (a)
C.V.	9.8	7.8	2.05

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

Conclusiones

Se concluye que la gallinaza Meyfer® es un material que puede abastecer los requerimientos nutricionales del cultivo de tomate para alcanzar rendimientos competitivos y de calidad en el mercado de agricultura orgánica certificada.

Los sistemas de producción en suelo y sustrato utilizando como principal fuente de fertilización a la gallinaza Meyfer® lograron rendimientos y calidad de frutos similares.

Agradecimientos

Al señor José Fernando Delgadillo Martínez, propietario del Rancho El Rosario, por permitir llevar a cabo el presente experimento en sus instalaciones.
A las empresas: Procesadora de gallinaza, S.A. de C.V. por facilitar la Gallinaza Meyfer®, principal insumo utilizado; y a Agro Riego San Luis por facilitar el material y equipo para el desarrollo del presente trabajo.
A PROMEP-SEP por su apoyo a la red de agricultura sostenible de la zona centro y norte de México (ASOCEN). P**royecto UASLP-CA-209 convenio PROMEP/103.5/13/6908.**

Bibliografía

Castellanos, J.Z. 2008. Manual de producción de tomate en invernadero. Intagri. 212 p.

Gravel, V.; Blok, W.; Hallman, E.; Carmona-Torres, C.; Wang, H.; Van de Peppel, A.; Cóndor, G. A. F.; Dorais, M.; Van Meeteren, U.; Heuvelink, E.; Rembialkowska, E. and Van Bruggen, A. H. C. 2010. Differences in N uptake and fruit quality between organically and conventionally grown greenhouse tomatoes. *In*: Agronomy for sustainable development, 30: 797-806.

Kaswan, S.; Kaswan, V. and Kumar, R. 2012. Organic farming as a basis for sustainable agriculture, a review. *In*: Agri. Reviews, 33(1):27-26.

Márquez H., C. y Cano R., P. 2005. Producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. Actas Portuguesas de Horticultura 5:219-224

Márquez-Hernández, C., Cano-Ríos, P., Figueroa-Viramontes, U., Avila-Diaz, J. A., Rodríguez-Dimas, N., & García-Hernández, J. L. 2013. Yield and quality of tomato with organic sources of fertilization under greenhouse conditions. *Phyton (Buenos Aires)*, *82*: 55-61.

Márquez-Hernández, C.; Cano-Ríos, P.; García-Hernández, J.L.; Rodríguez-Dimas, N.; Preciado-Rangel, P.; Moreno-Resendez, A.; Salazar-Sosa, E.; Castañeda-Gaytan, G. y De La Cruz-Lázaro, E. 2010. Agricultura orgánica: el caso de México. *In:* Agricultura Orgánica: Tercera parte. Ed. Universidad Juárez del Estado de Durango, pp. 1-28.

Riahi, A.; Hdider, C.; Sanaa, M.; Tarchoun, N.; Ben Kheder, M. and Guezal, I. 2009. The influence of different organic fertilizers on yield and physico-chemical properties ororganically grown tomato. *In*: Journal of Sustainable Agriculture 33: 658-673.

StatisticalAnalysisSystem 9.0 (SAS). 2002. SAS Institute Inc.

Toledo, T.F.; Martínez, V. A.; Martínez, C.A. y Gutierrez, B.H. 2011. Producción de jitomate orgánico (*Lycopersicon esculentum* Mill). *In:* Investigación, desarrollo y transferencia de tecnologías. Enlace tecnológico. Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica, pp. 21-31.

Raviv, M.; Medina, S.; Krasnovsky, A. y Ziadna, H. 2004. Organic matter and nitrogen conservation in manure compost for organic agriculture. Compost Science & Utilization 12:6-10.

Raviv, M.; Oka, Y.; Katan, J.; Hadar, Y.; Yogev, A.; Medina, S.; Krasnovsky, A. and Ziadna, H. 2005. High nitrogen compost as a medium for organic container-growth crops. Bioresource Technology 96:419-427.

USO DE BIOSÓLIDOS EN CULTIVO DEL ALGODONERO EN EL VALLE DE JUÁREZ, CHIHUAHUA

Corral-Díaz, B[1*]; Saavedra-Carmona, O[1]; Flores-Margez, JP[1]; Osuna-Ávila, P[1]; Olivas-Enríquez, E[1]

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

*Autor Responsable: bcorral@uacj.mx; Anillo Envolvente del Pronaf y Estocolmo S/N, Col. Fovissste Chamizal, Ciudad Juárez, Chihuahua. México. CP 32310; Tel. +52(656)-688-1800

Resumen

En Ciudad Juárez el tratamiento de las aguas residuales genera biosólidos que se depositan en relleno sanitario lo que implica altos costos y riesgos de contaminación ambiental. Se ha demostrado que se pueden usar como fertilizante en diversos cultivos siempre y cuando se usen las dosis y el manejo adecuado. Con el objeto de atender la demanda de los agricultores del Valle de Juárez se comparó la respuesta del cultivo del algodonero a dos fuentes de fertilizante: la orgánica con biosólidos y la inorgánica con sulfato de amonio (SA); comparando los rendimientos, la calidad de la fibra y un análisis de rentabilidad. En 2014 se establecieron dos lotes en el Rancho Universitario (RUUACJ), en Praxedis G. Guerrero, Chihuahua; uno con 4ha aplicando 5.24 t ha^{-1} de biosólidos en base seca y otra hectárea aplicando 800 k ha^{-1} de SA. El manejo fue el mismo y la producción obtenida fue similar con 6071 k ha^{-1} en biosólidos y 6127 k ha^{-1} con sulfato. Se demuestra que los biosólidos satisfacen la demanda de nutrientes al lograr la misma producción, longitud, uniformidad y resistencia de fibra y un mejor índice de micronaire. También se mejora la fertilidad del suelo, al quedar 148 kg ha-^{1} de NTK comparando con el fertilizante tradicional. Se tiene un ahorro de $2600 por hectárea con el uso de biosólidos; además un uso potencial para 23,000 hectáreas agrícolas, siempre y cuando se integre un comité de vigilancia del uso de biosólidos en la zona.

Palabras clave

Biosólidos; fertilización orgánica; producción y calidad

Introducción

El uso de aguas residuales en la agricultura del Valle de Juárez, se ha incrementado conforme el crecimiento poblacional, el desarrollo urbano, industrial y de servicios; el volumen que se usa es de unos 126 millones de m^3 (55% del total), las otras fuentes de riego son agua del Río Bravo 32% y el resto pozos de bombeo. Un esquema de saneamiento indica que el tratamiento de aguas residuales es llevado a cabo por 3 plantas tratadoras con capacidad instalada de 3.75 m^3 s^{-1} (Flores et al. 2010). Los biosólidos generados de las descargas de aguas residuales deben ser estabilizados con 15 a 20% de CaO, para cumplir con los requerimientos microbiológicos de la Norma NOM-004-SEMARNAT (2002). Estos se depositan en relleno sanitario lo que implica altos costos y riesgos de contaminación ambiental Flores et al. (2008). Una de las alternativas utilizadas como solución al manejo y disposición de lodos residuales en muchos países del mundo, ha sido su uso como fertilizante orgánico y mejorador

de suelos agrícolas, lo cual permite reciclar los nutrientes y materiales orgánicos en un sistema natural con beneficios ambientales y económicos (Lu et al. 2012).

El 60% de los biosólidos en Estados Unidos es aplicado a los campos como mejorador de suelos y fertilizantes orgánicos (Lu et al. 2012). La materia orgánica contenida en ellos beneficia ampliamente la calidad del suelo, así como los nutrientes que son absorbidos por las plantas o cultivos sembrados en los que se aplicaron estos fertilizantes. Figueroa et al. (2002) mencionan que una tonelada de biosólidos puede tener en promedio 55 kg de nitrógeno y 23 kg de fósforo, además de cantidades menores de otros minerales como el K, Ca, S y Mg. Una sola aplicación de biosólidos es capaz de aportar la totalidad del N y P necesarios para un ciclo completo y hasta la mitad del siguiente ciclo. Flores et al. (2010) encontraron que los biosólidos ayudan al mejoramiento de las propiedades biológicas debido a la aportación de nutrientes como el carbón y el nitrógeno, los cuales estimulan la actividad de microorganismos desintegradores de la materia orgánica encontrada en los suelos.

Ahlstrom (1995) en el área del Paso, Tx. Evaluó dosis de biosólidos de 0 a 280 kg de N ha^{-1}, comparados con urea; en 1993 los rendimientos de fibra de algodón mostraron un incremento lineal significativo al aumentar las cantidad de biosólidos. Con urea se lograron 1365 kg ha^{-1} y con biosólidos hasta un 27% más. En 1994, los rendimientos superaron hasta un 34% a la urea. Figueroa et al. (2010) encontraron una respuesta favorable al usar biosólidos en el rendimiento de algodón en hueso pero no detectaron diferencias entre en el porcentaje de fibra, porcentaje de precocidad, peso de capullo y calidad de la fibra. Uribe et al. (2008) aplicaron dosis biosólidos en Delicias, Chih., en alfalfa, avena, maíz y algodonero, por 2 ciclos, comparados con fertilización inorgánica, la cual resulto con una menor producción en todos los casos; en específico para algodonero las diferencias fueron de 1163 kg ha^{-1} favorable a los biosólidos.

La información que se ha generado con el uso de biosólidos en el Valle de Juárez, iniciando con Figueroa et al. (2002), hasta Flores et al. (2010) ha permitido comprobar que se pueden usar como un fertilizante orgánico en diversos cultivos; lo que falta es mayor difusión a esta tecnología para que pueda tener una aceptación generalizada de los agricultores. Con el apoyo de la Comisión Ecológica Fronteriza (COCEF) se ha implementado un proyecto que contempla la aplicación en parcelas comerciales, con un estudio comparativo, con biosólidos y fertilizantes inorgánicos, con el objeto de reducir los costos de producción, mantener los mismos rendimientos y la calidad de la fibra del algodonero. También demostrar a los productores y autoridades de SAGARPA las ventajas de aplicarlos en suelos agrícolas, en vez de confinarlos en el relleno sanitario.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el Rancho Universitario de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (RUUACJ) en el municipio de Praxedis G. Guerrero, Chih., localizado en las coordenadas : 31º21'20'' LN y 105º59'59'' LO, altitud de 1090 m (Corral y Flores 2011). En una superficie de 5ha, de las cuales 4ha se usaran con biosólidos y la otra con sulfato de amonio. Los biosólidos fueron estabilizados con 15% de cal en la planta de tratamiento de agua residual Sur (PTAR) de Ciudad Juárez, Chih., para cumplir con las especificaciones microbiológicas de la NOM-004-SEMARNAT 2002. La dosis de aplicación de biosólidos fue en base al porcentaje de humedad de los biosólidos, el requerimiento de nitrógeno del cultivo, el nitrógeno residual del suelo y la tasa de mineralización (Flores et al. (2010). Los análisis de textura, fertilidad y salinidad del suelo fueron realizados en 3 muestras compuestas de acuerdo con la NOM-021-SEMARNAT 2000.

Para estimar la dosis de biosólido se consideraron los resultados del N disponible en el suelo (28.08 kg ha^{-1}), los biosólido 56 kg N ton^{-1} y se estimó una la tasa de mineralización del 50% en el primer año, por lo que los 56 kg x 0.50 mineralizable = 28 kg N ton^{-1} disponible en el primer año. Se consideró una demanda de 175 kg de N, menos el N disponible en suelo , fue necesario aplicar 146.92 kg N de los biosólidos, lo que resultó en 5.25 ton ha^{-1} base seca o 26.25 ton ha^{-1} base húmeda (80% humedad). Se aplicaron con una esparcidora (Knight 8030 Pro Twin Slinger) de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Ciudad Juárez. La incorporación fue con un paso de rastra, después el surcado y la aplicación del riego de pre siembra. El 5 de mayo del 2014 se realizó la siembra; dos aplicaciones de sulfato con 400kg ha^{-1} cada una, se hicieron antes del primer y segundo riego de auxilio. El manejo agronómico que se dio a la variedad de algodonero DP912B2RF fue el mismo para las dos parcelas.

Dentro de cada lote se tomaron 14 muestras al azar para medir las variables como: Número de plantas (NP) a los 25, 51 y 194 días después de la siembra (dds), total de frutos (capullos + bellotas) (TF), porcentaje de precocidad (PP), calidad de fibra medida por la longitud (LO), uniformidad (UN), resistencia(RES) y finura de la fibra (FF) en el laboratorio de fibras del Campo Experimental la Laguna, con el equipo HVI. El Rendimiento de algodón en hueso fue la producción comercial de los lotes. Para comparar las diferencias estadísticas se utilizó el paquete estadístico MINITAB 14, considerando muestras independiente, por medio de una prueba de t de student y los niveles de significancia del 5% y 1% Con los datos de rendimiento realizó un análisis económico.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de los análisis de suelo que se realizaron antes de la siembra y al final del cultivo. Al inicio el pH fue ligeramente alcalino con un valor 7.88; al terminar la se observa un ligero incremento en 8.2 en biosólidos y 8.36 en control, resultado contrario a lo reportado por Floreas et al.(2006). La conductividad eléctrica alcanzo un valor de 1053 µS cm^{-1} y de acuerdo a la NOM021 se considera muy ligeramente salino. Sin embargo, al final se disminuyo en mas de un 50% con los dos fertilizantes, con este tipo de fertilizante se reduce la salinidad de los suelos. Esto demuestra la bondad de las dos fuentes de fertilizante para usarse como un mejorador de suelo. En el Valle de Juárez mas del 50% de los suelos presentan problemas por salinidad en algún grado; se ha recomendado el uso del sulfato de amonio para reducir estos niveles, en lugar de urea u otra fuente nitrogenada (Corral et al. 1989). Aplicando el método de la diferencia en el contenido final de nitrógeno (NTK), 37 mg kg^{-1} equivale a 148 kg ha^{-1} de NTK que se quedan como reserva para el próximo ciclo agrícola a favor de los biosólidos.

Cuadro 1**.** Resultados de las características químicas del suelo (0-30cm) al inicio y final del cultivo del algodonero con aplicación de biosólidos y fertilizante inorgánico. P-V 2014.

VARIABLES	INICIO	FINAL BIOSÓLIDOS	FINAL FERTILIZANTE
pH	7.88	8.2	8.36
CE µS cm^{-1}	1053	573	498
NTK (mg kg^{-1} de suelo)	1092	1181	1144
P Olsen (mg kg^{-1} de suelo)	1.29	21.04	8.5

En el Cuadro 2 se podrá notar que en número de las plantas, la resistencia y la uniformidad de la fibra no se afecto con los tratamientos usados, al no detectarse diferencias estadísticas. Esto coincide con los resultados de Figueroa et al. (2002) y los de Corral y Flores

(2011). Con la aplicación de fertilizante inorgánico se incrementó significativamente la longitud de la fibra (p=0.001 **) hasta 31.68 mm, mientras con el biosólido fueron 30.92mm.Según la norma de clasificación de algodón, NMX-A-051-SCFI-2000, ambas son fibras largas y cotizan al mismos precio en el mercado internacional (Corral y Flores, 2011). El promedio más alto de finura fue para el testigo con un índice de micronaire de 5.05 considerada como fibra gruesa, a la que se le aplica una sanción por ser menos apta para fabricar prendas de vestir. En cambio la finura intermedia como la que produjo con lodos (4.93 i.m.) tiene una mejor cotización.

Cuadro 2. Comparación estadística a la aplicación de biosólidos y sulfato de amonio en algodonero en el Valle de Juárez, Chihuahua P-V 2014.

VARIABLE	BIOSÓLIDO	TESTIGO	VALOR PROB	SIGNIFICANCIA
NUM. PLANTAS / ha a 24 dds	114829	109439	0.282	n.s.
NUM. PLANTAS / ha a 51 dds	103815	102331	0.678	n.s.
NUM. PLANTAS / ha a 194 dds	93368	95083	0.716	n.s.
TOTAL FRUTOS	15.26	19.05	0.001	**
PORCENTAJE PRECOCIDAD	84.94	73.24	0.012	*
LONGITUD (mm)	30.92	31.68	0.001	**
UNIFORMIDAD (%)	85.79	85.74	0.904	n.s.
RESISTENCIA (gramos/tex)	29.21	29.11	0.854	n.s.
FINURA (índice de micronaire)	4.93	5.05	0.022	*
RENDIMIENTO (kg ha^{-1})	6071	6127	0.284	n.s.

n.s. diferencias no significativas; * diferencias significativas y ** diferencias altamente significativas

Estadísticamente, la mayor cantidad de frutos por planta fue para el sulfato con 19.05 contra 15.26 con biosólidos. A pesar de tener más frutos, no necesariamente repercute en una mayor producción, porque la planta continua creciendo y no maduran las bellotas de manera oportuna y pueden ser afectadas por las bajas temperaturas. Lo que le interesa al productor es hacer una sola cosecha con el mayor número de capullos, o un mayor PP; con los biosólidos se logró el mayor porcentaje, 84.94%. Figueroa et al. (2002) no reportan diferencias en esta variable usando biosólidos y fertilizante inorgánico.

Los rendimientos comerciales de algodón fueron muy similares, 6127 kg ha^{-1} para el control y 6071 kg ha^{-1} para los biosólidos. Considerando un precio de venta de $11.749 por kilo de algodón (SAIP 2014) se tiene una diferencia de $657.94 a favor del testigo. En el análisis económico, solo se consideraron los costos de las aplicaciones. Con biosólidos se gastaron $1000; con sulfato de amonio $4260; con una diferencia de $3260 a favor de los biosólidos. Al final, el ahorro fue de $2602 por hectárea. Con esto se demuestra que la factibilidad de usarlos como fertilizante y darles un valor agregado a estos residuos y evitar la contaminación ambiental. Esta información se dio a conocer en una demostración en campo ante productores, técnicos agrícolas, autoridades del sector agropecuario e investigadores; y en reuniones de comité técnico del Distrito de Desarrollo Rural 04 DR04.

Conclusiones

Con la aplicación de las dos fuentes de fertilizante la salinidad del suelo se redujo de 1053 µS cm^{-1} en mas del 50% al final del ciclo agrícola. Con el uso de biosólidos se mejorara la

fertilidad del suelo, al quedar como reserva 148 kg/ha de NTK comparando con el fertilizante tradicional.

El rendimiento de algodón en hueso permite recomendar tanto los biosólidos como el sulfato de amonio para se logra la misma producción. Sin embargo, se recomienda el uso de los biosólidos como una fuente de fertilizante confiable, ya que aporta los requerimientos nutrimentales del cultivo a un menor costo, con un ahorro de de $2600 por hectárea. Además un uso potencial para 23,000 hectáreas agrícolas, siempre y cuando se integre un comité de vigilancia del uso de biosólidos en la zona.

La aplicación de sulfato incrementó de manera significativa la longitud de la fibra, la finura y el total de frutos por planta, en cambio con el biosólido se logro una mejor finura y porcentaje de precocidad. Para el número de plantas establecidas, resistencia y uniformidad de la fibra no se encontraron efectos significativos.

Agradecimientos

A la U.S. Environmental Protection Agency (US-EPA) Border 2020 Grant Program y a la Comisión para la Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF) por el apoyo financiero del proyecto. Aplicación de Biosólidos en Suelos Agrícolas del Valle de Juárez, Chihuahua.

Bibliografía

Ahlstrom, S.B. 1995. Cotton responses to land application of water and wastewater residuals in El Paso county 1993 and 1994. 1994 final report. Texas Agricultural Experiment Station. Texas A&M Research Station.

Corral D. B., Figueroa V.U. y Flores M.J.P. 1989. Logros de la investigación agropecuaria en el área de influencia del CEVAJ 1974-1989. Publ. Especial No. 7 INIFAP-SAGAR. Praxedis G. Gro. Chih. 107 p.

Corral D. B. y Flores M.J.P 2011. Evaluación agronómica de variedades de algodón en el Valle de Juárez, Chih. durante el ciclo agrícola P-V 2010.Informe Final del proyecto 402. UACJ. Cd. Juárez, Chih. 48p.

Figueroa V.U., Flores O .M. A. y Palomo R. M. 2002. Uso de biosólidos en suelos agrícolas. SAGARPA INIFAP CIRNOC- CEVAJ. Folleto técnico núm.3. 19p.

Figueroa V. U., Flores O. M. A. Palomo R. M., Corral D. B. y Flores M.J.P. 2010. Uso de biosólidos estabilizados con cal como fertilizante orgánico en algodonero para el Valle de Juárez, Chihuahua. Ciencia en la Frontera VIII (1) 35-44.

Flores M. J. P., Poncio A. M., Salas G. E., Pérez C. F., Corral A. A.Y., Salazar S.E y Trejo E.H.I.2010. Mineralización de nitrógeno en biosólidos estabilizados con cal. Terra Latinoamericana, vol. 28, No. 4 307-317.

Flores M. J. P., Sapien M .G., Corral D.B. y Figueroa V. U. 2008. Calidad nutricional de avena forrajera tratada con biosólidos y agua residual en el Valle de Juárez, Chihuahua. Ciencia en la Frontera VII 107-117.

Lu Q., He, L.Z. and Stofella P.J. 2012. Land application of biosolids in the USA: A Review. Applied and Enviromental Soil Science. http:// dx.doi.org/10.1155/2012/201462.

NMX-A-051-SCFI-2000 productos agrícolas no industrializados para uso industrial - algodón para hilar - (*gossypium* spp) –especificaciones (cancela a la NMX-A-051-1964).

SEMARNAT. 2002.NOM-004-SEMARNAT-2002.Protección ambiental.-Lodos y biosólidos- especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. D.O.F., 15 ago 2003.

SEMARNAT 2000.NOM-021-SEMARNAT-2000.Establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis. D.O.F, 31dic 2002. México. D.F.

SIAP. 2014. Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera [en línea] http//www.siap.gob.mx/avance de siembras y cosechas por estado consultado enero 2015.mht.

Uribe M.H.R., Chávez S.N. y Orozco H.G.2008. Uso de biosólidos como fertilizante en cultivos forrajeros y algodón. Capítulo VII Libro agricultura orgánica. Edit. E. Salazar S. et al. Gómez Palacio, Dgo., FAZ UJED y SMCS.

MANEJO DE AGROSISTEMAS TRADICIONALES COMO ESTRATEGIA PARA EL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DEL SUELO

Hipólito-Romero, E[1*]; López-Reyes, L[2]; del Amo-Rodríguez, S[1]; Carcaño-Montiel, MG[2]; Vázquez y Cabañas, EA[2]; Ramos-Prado, JM[1]; Ricaño-Rodríguez, J[1]; Cerdán-Cabrera, CR[3]

[1]Centro de EcoAlfabetización y Diálogo de Saberes, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. México.
[2]Laboratorio de Microbiología de Suelos, Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla. México.
[3]Facultad de Ciencias Agrícolas-Campus Xalapa, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. México.

*Autores responsables: Enrique Hipólito Romero; ehipolito@uv.mx; Av. de las Culturas Veracruzanas s/n, Col. Emiliano Zapata, Zona Universitaria, Campus USBI, Xalapa, Veracruz. México. CP 91060; Tel. +52(228)-842-1700, Ext. 10858 y Moisés Carcaño Montiel; moises.carcano@correo.buap.mx. Edificio 103-J. Ciudad Universitaria. Puebla, Puebla, México.

Resumen

Las limitantes que enfrentan las comunidades rurales provocan que los productores implementen técnicas de manejo agrícola, que no son compatibles con la vocación de los suelos, sobre todo donde la topografía es accidentada. Ancestralmente los sistemas agroforestales han sido ampliamente utilizados como unidades de producción intervenidas que permiten la combinación de especies multipropósito, asegurando con ello la permanencia del germoplasma nativo. Por lo que en el presente trabajo, además de validar una técnica de manejo agroecológico, se integra los saberes locales de los productores, vinculándolos al desarrollo y la aplicación de productos biotecnológicos como los inoculantes bacterianos. Los resultados muestran que la inoculación de cepas bacterianas fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fosfatos promueven un mejor desarrollo de las plantas de cacao en comparación de los aportes nutrimentales que provienen de la fertilización química convencional. Al asegurar la permanencia de la cobertura vegetal en suelos con pendientes pronunciadas se disminuyó la erodabilidad del suelo. Este tipo de intervenciones tiene el potencial para revalorar los recursos bioculturales con que cuentan las comunidades en la Chinantla Oaxaqueña.

Palabras clave: Agroforestería; Inoculantes; cacao; conocimiento local

Introducción

Las condiciones de pobreza y marginación de las comunidades rurales de nuestro país, aunado al estado de deterioro y baja productividad de los suelos, la incompatibilidad de las políticas públicas con la realidad del sector campesino, la escasa modernización de los sistemas productivos y, sobre todo, el desencantamiento de los hogares productores para continuar con la actividad agrícola son algunos de los factores que contextualizan el estado de emergencia que atraviesa la soberanía alimentaria de nuestro país (del Amo, 2012; Hipólito, 2014). Tal complejidad de factores, genera oportunidades para el trabajo multi, inter y transdisciplinario, que permite el vínculo de los conocimientos científicos y tecnológicos, con el saber empírico, armonizados a las perspectivas de los hogares campesinos; que aún siendo de baja escala productiva, siguen representando la mayor proporción del sector agropecuario del país (del Amo *et al*., 2010).

Partiendo del suelo, como la estructura de soporte para la interacción de los componentes

ambientales (Coleman y Crossley, 2003), hay elementos característicos del trópico húmedo que condicionan la disponibilidad de nutrientes; ya que en términos generales presentan altos contenidos de materia orgánica, además de que son considerados como sistemas poco resilientes a disturbios en la cobertura vegetal (Altieri y Toledo, 2011). Por tal razón, el manejo de sistemas de cultivos en forma contrapuesta a la vocación del mismo, puede conducir en el corto plazo a la pérdida de su productividad (Izac, 2003); proceso que se ve acelerado en sitios donde la pendiente del terreno no es llana (Cerdán *et al.,* 2004). Esto plantea la necesidad de recuperar el conocimiento tradicional de manejo de este tipo de sitios; en los que a partir de la misma estructura forestal se seleccionaban las especies de interés, proveyendo las condiciones agroclimáticas para la obtención de ciertos productos. Un ejemplo claro de esto lo observamos con los cultivos de cacao (*Theobroma cacao* L.) y vainilla (*Vanilla planifolia* A.). Ambas especies de importancia económica mundial, cuya domesticación se originó en México, pero que en la actualidad una serie de factores internos y externos amenazan su permanencia junto al conocimiento en el manejo y la conservación de sus agrosistemas (Soto-Arenas, 2006; Hipólito, 2011).

Se presenta la contribución de un grupo de actores de diferentes características, que desde su propia experiencia e interés, están vinculando sus esfuerzos al manejo integral del suelo en sistemas productivos que han sido intervenidos bajo principios agroecológicos ancestrales. Se logró establecer una parcela de investigación agroforestal, respetando las necesidades de los productores e incorporando su propio conocimiento, adicionado a tratamientos con inoculantes a base de bacterias. En este reporte se presentan los resultados preliminares, a dos años de establecida la parcela.

Materiales y Métodos

El proyecto se desarrolló en tres fases, armonizando aspectos científicos y técnicos de nutrición y cultivo de cacao, con el conocimiento local en el manejo de los sistemas agroforestales:

A) Establecimiento de la parcela experimental-demostrativa: En la comunidad de Cerro Camarón, Mpio. de San Pedro Ixcatlán, Oaxaca, México, se identificó el aprovechamiento diversificado de las parcelas donde es común el manejo integrado de cacao y vainilla, bajo un esquema de "Cosecheo", en el que no se realizan labores culturales significativas para cultivo de ambas especies. Se realizó una caracterización ambiental del sitio que incluyó desde el análisis físico y químico del suelo (Schoeneberger y Benham, 2012).), la descripción del sistema agroforestal y las condiciones ambientales del área de estudio (Deheuvels *et al.,* 2012). Se diseño y aplicó una encuesta semiestructurada bajo el enfoque de los Medios de Vida Sostenibles (DFID, 1999; Hipólito, 2011), que permitió obtener información económica, social y cultural; que contrapuesta a la caracterización agroclimática del sitio y a las opiniones de los propios productores, nos permitió determinar la viabilidad de implementar un sistema más intensificado de producción de cacao, aprovechando la estructura forestal del sitio y la experiencia en labores cotidianas que realiza el hogar para el manejo de sus parcelas. Al establecer la parcela se retiró la cobertura vegetal inferior (hierbas principalmente), ajustando las líneas de siembra a las propias condiciones del terreno en cuanto a la topografía del sitio y la vegetación presente en estratos superiores, a modo que la orientación del experimento fuese de Este a Oeste. Se estableció una parcela experimental de 5,000 m^2, realizando la siembra de las plantas de cacao a una distancia de 3.00 x 3.00 m, en una distribución de "tres bolillo"; mismas que fueron proporcionadas por el Plan Cacao Nestlé de México. Las variedades utilizadas fueron: INIFAP 1: RIM76XEET400; 2) INIFAP 9: RIM75XSPA9; 3) CARMELO 1: Neocriollo; y 4) INIFAP 8: RIM76XEFT48.

B) Diseño experimental y mantenimiento de la parcela: El diseño experimental se ajustó a

un modelo de bloques al azar, con tres tratamientos incluyendo el testigo, contando con 12 repeticiones por variedad de planta en cada tratamiento. Se aplicaron dos tipos de tratamientos: T1) Biofertilización, inoculando las plantas con bacterias fijadoras de nitrógeno (*Azospirillum brasilense*) y solubilizadoras de fosfatos del género *Chromobacterium violaceum* y *Acinetobacter calcoaceticus*. Ambos grupos de bacterias forman parte del cepario del Laboratorio de Microbiología de Suelos de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. El inoculante se aplicó antes de su siembra en campo y a los cuatro meses después de la siembra; T2) Fertilización química, para la cual se adicionaron 50g de la fórmula 10-30-10 + EM de NPK planta^{-1} al momento de la siembra, siendo la única dosis durante el experimento; T3) Se incluyó un grupo de plantas testigo. Se contó con la participación de los productores en las labores culturales para el mantenimiento de la parcela como: chapeo, limpieza, clareo, poda de árboles con copas muy densas y siembra de plantas; se buscó que las plantas de cacao se desarrollaran bajo un sistema con un 70% de oclusión.

C) Evaluación del experimento y fortalecimiento del capital social: La evaluación de la biofertilización se realizó midiendo la altura de la planta (cm), diámetro del tallo (cm), número de hojas y número de ramas. El registro de las variables se tomó a los seis meses después de la siembra. La altura se midió tomando la longitud del tallo desde la corona radical hasta la yema apical. El diámetro de tallo se midió con Vernier registrando el dato a 20 cm arriba de la corona radical. El número de hojas y ramas se obtuvo de un conteo individual por planta. Se llevó a cabo el análisis de varianza, desviación estándar y comparación de medias según Tukey (α=0,05) para evaluar los tratamientos, utilizando el programa STAT 2 (Olivares, 1994). A partir de la siembra en octubre de 2012, cada tres meses se visitó la parcela, donde se dialogaba con los productores sobre los avances del cultivo dando orientaciones muy particulares en las técnicas de manejo intensificado de cacao bajo la metodología de escuelas de campo (Zequeira, 2014).

Resultados y Discusión

Por las condiciones topográficas existentes en la comunidad, las tierras disponibles para la agricultura presentan pendientes con marcadas inclinaciones (30% o más), y que además se traslapan con las zonas de mayor cobertura forestal; por tal razón la mayoría de los cultivos presentes, son manejados bajo un esquema diversificado, destacando café, vainilla, cacao, tepejilote y maíz, como los principales productos que representan un ingreso económico para el hogar. La parcela de estudio presentó una alta densidad en su dosel de sombra. Se encontraron 217 individuos, pertenecientes a 14 diferentes especies; de estas más del 88% pertenecían a dos tipos (*Musa paradisiaca* con el 56.60% y *Cedrela odorata* con 21.70%); por lo tanto la diversidad del dosel de sombra puede considerarse baja (inverso del Índice de Simpson 2.57).

Los resultados físicos y químicos del suelo muestran que las variaciones en los valores comparativos de algunos parámetros como pH (T1 y T2), materia orgánica (T1) y nitrógeno (T1, T2 y T3); pueden estar explicados por el establecimiento efectivo de la asociación suelo-bacteria-planta, siendo esto un indicador de la fertilidad del suelo. Esto se traduce en una buena regulación de los ciclos biogeoquímicos y procesos de degradación en los cuales intervienen microorganismos benéficos de diversos grupos (Camelo *et al*., 2011), que influyen sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas; lo que está asociado con un incremento de elementos químicos disponibles (Doran *et al*., 1994; Reyes y Valery, 2007). Los altos porcentajes de sobrevivencia de las plantas (T1 = 86%, T2 = 93% y T3 = 93%), muestran que a pesar de ser variedades de cacao desarrolladas para condiciones biogeográficas distintas, se pudo establecer el cultivo aún en condiciones poco favorables, sobre todo en la pendiente que supera el 30%en muchas de las partes de la parcela. Estos resultados positivos en términos de la

sobrevivencia de los individuos, obedecen también al cuidado y al manejo que los productores realizaron en su parcela; lo cual si bien requirió un mayor esfuerzo, no implicó la realización de actividades ajenas a las labores culturales que habitualmente desarrollan, permitiendo que el experimento coexistiera sin afectar los demás cultivos con que cuentan.

La aplicación de los inoculantes bacterianos mixtos promovió un efecto positivo en las variables cuantificadas de todas las variedades en estudio. La altura presentó incrementos que oscilaron de 15 a 47%, correspondiendo este último porcentaje a las variedades Inifap 8 y Carmelo 1. El diámetro de tallo y número de ramas mostró un incremento de 57 y 160% respectivamente mostrado en la variedad Inifap 9, lo cual indica que las plantas presentan un adecuado transporte de agua y nutrientes (Birchler *et al*., 1998; Rodríguez, 2008). Asimismo, el incremento en número de hojas fluctuó de 34 a 142 %; obtenido este último por la variedad Carmelo 1. En esta etapa, las variedades con un mayor desarrollo fisiológico fueron Inifap 9, Inifap 8 y Carmelo 1. Lo anterior confirma el efecto benéfico que genera la inoculación con bacterias promotoras del crecimiento vegetal, al incrementar el desarrollo morfológico de las variedades de cacao respecto al testigo, debido a los mecanismos de acción que tienen estos microorganismos (Welbaum *et al*., 2004; Hernández-Rodríguez *et al*., 2008; Fabra *et al*., 2010; Ahemad y Kibret, 2014). El efecto de la fertilización química en las plantas, no presentó diferencias estadísticas significativas entre las variedades y en algunos casos se registraron valores inferiores al testigo; esto puede explicarse en función de que las condiciones agroambientales del cultivo de cacao pueden estar limitando su efecto (Beer *et al*., 1998).

Conclusiones

El establecimiento del cultivo intensificado de cacao en la región de la Chinantla Oaxaqueña es factible, aún en condiciones de pendientes pronunciadas, permitiendo la diversificación productiva con otras especies forestales, frutales y de sotobosque, que pueden mejorar los ingresos económicos del hogar. El uso de biofertilizantes bacterianos mixtos por medio de los mecanismos que tiene cada uno de los componentes, permite mejorar los procesos de nutrición de las plantas de cacao, incrementando la robustez de las plantas en términos de la altura, grosor del tallo, número de ramas y número de hojas; en comparación con la fertilización química convencional y del testigo. La aplicación de este tipo de productos biotecnológicos; así como la implementación de técnicas de manejo para el cultivo intensificado del cacao, son procesos que pueden mejorar las capacidades productivas de los hogares sin comprometer la base de sus propios recursos bioculturales.

Agradecimientos

A los productores de la comunidad de Cerro Camarón, Mpio. de San Pedro Ixcatlán, Oaxaca, por haber aportado el terreno, su trabajo y sus conocimientos en el desarrollo de este proyecto. Al Plan Cacao Nestlé de México, por haber aportado la planta de cacao, la capacitación a los productores y el financiamiento para el seguimiento del experimento. Al Programa de Mejoramiento de Profesorado (PROMEP), por el financiamiento al proyecto, con folio UV-PTC-683.

Bibliografía

Ahemad, M y M Kibret. 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. Journal of King Saud University-Science. 26:1-20.

Altieri, M. and V.M. Toledo 2011. "The agroecological revolution of Latin America: rescuing nature, securing food sovereignity and empowering peasants" in The Journal of Peasant Studies, Vol. 38, No. 3, July 2011, 587–612.

Beer, J., R. Muschler, D. Kass y E. Somarriba. 1998. "Shade management in coffee and cacao plantations". Agroforestry systems. 38: 139-164.

Birchler, T., R. W. Royo, A. Royo y A. M. Pardos. 1998. La planta ideal: Revisión del concepto de calidad, parámetros definitorios e implementación práctica. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales. 7(1-2): 109-121.

Coleman, D. C. y D. A. Crossley. 2003. Fundamentals of Soil Ecology. Academic Press. U.S.A., 205 p.

Camelo-Rusinque, M., S. P. Vera-Monroy y R. R. Bonilla-Buitrago. 2011. Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. Revista Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 12(2): 159-166.

Cerdan, O., Le Bissonnais, Y., Govers, G., lecomte, V., van Oost, K., Couturier, A., King, C., Dubreuil, N., 2004. Scale effect on runoff from experimental plots to catchments in agricultural areas in Normandy. Journal of Hydrology 299, 4–14.

Deheuvels O., J. Avelino, E. Somarriba and E. Malezieux. 2012. Vegetation structure and productivity in cocoa-based agroforestry systems in Talamanca, Costa Rica. Agric. Ecosyst Environ 149:181–188

del Amo, R. S. 2012. El repoblamiento del área Rural. Recuperando la sabiduría colectiva y la inteligencia local. Estrategias participativas de Investigación–Acción para la intervención local. Plaza y Valdés Eds.

del Amo, R. S., T.M.C., Vergara y P.J.M., Ramos 2010. Ethnoecological restoration of deforested and agricultural tropical land for Mesoamerica. In E. N. Laboy–Nieves, M. F. A. Goosen & E. Emmanuel (Eds.), Environmental and Human Health: Risk Management in Developing Countries. The Human Impact on the Physical Environment. pp. 141-156. Netherland: CRC Press Taylor and Francis Group.

Department for International Development (DFID). 1999. Hojas orientativas sobre los medios de vida sostenibles. DFID. United Kingdom. 50 p.

Doran, J. W., D. C. Coleman, D. F. Bezdicek y B. A. Stewart. 1994. Defining Soil Quality For a Sustainable Environment. Soil Science Society of America. Special Publication. Wisconsin. US. 267 p.

Fabra, A., S. Castro, T. Taurian, J. Angelini, F. Ibañez, M. Dardanelli, M. Tonelli, E. Bianucci y L. Valetti. 2010. Interaction among *Arachis hypogaea* L. (Peanut) and beneficial soil microorganisms: how much is it known? Critical Reviews in Microbiology. 36: 179- 194.

Hernández-Rodríguez, A., M. Heydrich-Pérez, Y. Acebo-Guerrero, M. G. Velázquez-del Valle y A. N. Hernández-Lauzardo. 2008. Antagonistic activity of Cuban native rhizobacteria against *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenb. in maize (*Zea mays* L.). Applied Soil Ecology. 39(2): 180-186.

Hipólito, R.E. 2011. Modelo de intervención con enfoque ecosistémico para el desarrollo empresarial rural de pequeños productores: estudio de caso en la región totonaca del estado de Veracruz, México. Tesis de Doctorado. Centro de Investigaciones Tropicales de la Universidad Veracruzana, México. 211 p.

Hipólito R.E., S.R. del Amo, J.M.P., Ramos y A. M. R. Hernández (2014), "Agroforestería tropical y desarrollo empresarial rural: Encadenamiento de oportunidades para el manejo sostenible de los recursos bioculturales" en Romero L. K. y B. R. Acosta (coords.), *Economía ambiental y ecológica, perspectivas para el desarrollo*, Facultad de Economía-UV, Xalapa, pp. 13-24.

Izac, A. M. N. 2003. "Economic aspects of soil fertility management and agroforestry practices" en Schroth G. y F. L. Sinclair (editors), *Trees, crops and soil fertility*, CABI publishing, pp 13-38.Olivares. S. E. 1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL. Version 2.5. Faculta de Agronomía UANL. Marín, N. L.

Reyes, I. y A. Valery. 2007. Efecto de la fertilidad del suelo sobe la microbiota y la promoción del crecimiento del maíz (*Zea mays* L.) con *Azotobacter* spp. Bioagro. 19(3): 117-126.

Rodríguez, T. D. A. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. Mundi-Prensa. UACH. México. D.F. 156 p.

Schoeneberger, P. J., Wysocki, D. A., & Benham, E. C. 2012. Soil Survey Staff. *Field Book for Describing and Sampling Soils, Version*, *3*.

Soto Arenas M.A. 2006. Vainilla: los retos de un cultivo basado en una especie amenazada con una historia de vida compleja. In: Consejo Veracruzano de la Vainilla (ed) Congreso Internacional de Productores de Vainilla, Papantla, Veracruz, Mexico, 26–28 May 2006

Welbaum, G., A. V. Sturz, Z. Dong y J. Nowak. 2004. Managing soil microorganisms to improve productivity of agroecosystems. Critical Reviews in Plant Sciences. 23 (2): 175- 193.

Zequeira-Larios, C. 2014. La producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en México: Tabasco, Cárdenas, Estudio de caso. Centro de Investigaciones Tropicales de la Universidad Veracruzana, México. 293 p.

PROPIEDADES FÍSICAS DE SUELOS YESOSOS Y SU CAPACIDAD DE USO

Martínez-Montoya, JF*[1]; Palacio-Núñez, J[1]; Olmos-Oropeza, G[1]; Bravo-Vinaja, Á[1]

[1] Colegio de Postgraduados, Campus S.L.P., Salinas de Hidalgo, S.L.P., México

*Autor responsable: **fmontoya@colpos.mx**; Iturbide 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí; 4969630240

Resumen

Los suelos yesosos requieren de manejo diferenciado acorde a sus propiedades físicas y químicas, disolución del yeso y uso potencial. Sin embargo, dada la poca información sobre los suelos yesosos, hace falta investigación para su uso sustentable. Por ello, se aborda la fertilidad física de los suelos yesosos y que condicionan su manejo. Mediante de información macro y micromorfológica, mineralógica y algunos parámetros físicos de suelos de 16 pediones, se analizan las propiedades físicas de suelos yesosos en relación al desarrollo de los cultivos y vegetación en general. Así, las tierras con horizonte petrogípsico somero (2, 4, 9, 14) no son aptas para la agricultura y deben permanecer sin cambio de uso, con vegetación natural o dedicarse al agostadero con carga animal adecuada a su capacidad. Los terrenos de los pediones 7, 11, 12, 15 y 16 por tener horizonte yesoso a menos de 30 cm de profundidad tienen uso agrícola restringido, prefiriendo el uso de riego presurizado al de inundación. Las mejores tierras para la agricultura son las de los pediones 5, 10 y 13 por tener horizonte yesoso a más de 50 cm de profundidad, pero con posibles problemas por salinidad.

Palabras clave

Gipsisoles; Aridisoles; productividad; endurecimento de suelos

Introducción

Los suelos yesosos tienen bajo contenido de P, K, Mg, N-NO_3, Fe, M. O., mala retención de humedad, y baja capacidad de intercambio catiónico (Lagunes, 1985; Terrazas, 1985; FAO, 1990). La información existente en México sobre las características físicas y químicas de los suelos yesosos es limitada. En México, los estudios sobre este tipo de suelo, son descriptivos y se relacionan con características ecológicas (Terrazas, 1985; Meyer y García-Moya, 1989), con propiedades físicas y químicas o de fertilidad (Grande, 1987; Lagunes, 1985; Pineda *et al*., 2001; Soria, 2004), con productividad (Terrazas, 1985) o con el uso potencial (Aguirre *et al*., 2001; Soria, 2004).

Para Meyer *et al*. (1992) y Verheye y Boyadgiev (1997) las propiedades físicas del suelo yesoso son más importantes en el establecimiento de gipsófilas que la nutrición mineral. Además, el análisis de los datos de la química del suelo ha reportado poca evidencia que explique el comportamiento restrictivo del suelo (Meyer, 1980; Meyer, 1986; Meyer y García-Moya, 1989, Verheye y Boyadgiev, 1997). Los suelos yesosos tienen alta resistencia a la penetración radicular, baja capacidad de retención de agua, baja permeabilidad y pobre estructuración, baja cohesión y agregación (FAO, 1990; Herrero y Boixadera, 2002). Al secarse el suelo se incrementa la

resistencia a la penetración (Porta *et al*., 1977; Poch y Verplancke, 1997). Los últimos autores encontraron correlación positiva del yeso y la densidad aparente con la resistencia a la penetración. Por otro lado, la influencia de la costra depende de la composición de la misma, así Jafarzadeh y Zinck (2000) mencionan que la resistencia a la penetración del suelo seco dependió un 38 % de la textura, 28 % del NaCl, 15 % de la profundidad del nivel freático, 9 % del yeso y 5 % del $CaCO_3$. El suelo hipergípsico carece de poros continuos con diámetro grande para el desarrollo radicular debido a que el creciendo de cristales de yeso en huecos, junto con su forma lenticular y superficie lisas, crea un sistema de poros rígido (Poch *et al*., 1998). La cristalización de yeso alrededor de la raíz reduce la absorción de agua y nutrientes por la planta (Mashali, 1996) especialmente en cultivos perennes y en frutales. La sequía resulta severa para la planta en suelos yesosos, para Van Alphen y de los Ríos (1971) y Poch *et al*. (1998) la capacidad de retención de agua útil depende del contenido de arcilla y del tamaño del grano del yeso, reteniendo más agua el yeso microcristalino que el de textura gruesa.

Materiales y métodos

Localización. El estudio se hizo en el Altiplano Potosino y en la Zona Media, S.L.P., ambas yesosas. La primera tiene por coordenadas 22° 55' – 24° 33' N y 100° 23' – 101° 05' O, y la segunda 21° 49' – 22° 53' de N y 99° 40' – 100° 19' O. La extensión estudiada es aproximadamente de 200000 ha en el Altiplano y de 250000 ha en la Zona Media. Predominan los suelos Xerosols háplico, cálcico y gípsico, le sigue en importancia el Solonchak órtico y el Litosol éutrico (CETENAL 1972). En la Zona Media también reportan Solonchak gléyico, Vertisol pélico y Castañozem cálcico, los cuales no se cartografían en el Altiplano. Los principales tipos de vegetación son el matorral inerme**,** subinerme y espinos, el izotal, mezquital y pastizal. En la Zona Media el clima predominante es el más húmedo de los secos esteparios o semiárido [BS_1hw(w)] con precipitación promedio anual de 300 a 620 mm y temperatura media anual está entre los 18 y 22 °C. En el Altiplano predomina el seco estepario en su fase menos húmeda [BS_0hw(w)], y en el caso de Vanegas y El Salado el clima es seco desértico, BW. La precipitación media anual varía de 290 a 470 mm y la temperatura media anual varía de 17.4 a 19.3 °C (García, 1988).

Análisis de suelos. Para la ubicación de las 16 calicatas de suelos se hizo por recorridos de campo, y se consideró la cartografía sobre geología y vegetación así como a los suelos yesosos cartografiados por CETENAL como Xerosols gypsico y Yermosols gypsico (Xy, Yy, respectivamente), o como fase petrogípsica o petrogípsica profunda. Las muestras de suelo corresponden a 56 de 16 perfiles de suelo analizadas de acuerdo a Van Reeuwijk (2001); la *Textura* por el método de Hidrómetro de Bouyoucos, agregación, porosidad y tamaño del grano de yeso mediante micromorfología, la cementación y horizonte petrogípcico en campo y por micromorfología. Para el análisis micromorfológico se elaboraron 41 secciones delgadas y se describieron conforme a Bullock *et al*. (1985), Stoops (2003), así como a la terminología generada por Herrero (1991) y Herrero *et al*., (1992) sobre suelos yesosos.

Resultados y discusión

Los suelos estudiados presentan pobre agregación y mala estructura. En los horizontes con dominio de yeso la pedialidad es muy débil o apedial, con estructura masiva o laminar. Solamente en los horizontes (Pediones 2, 5, 10 y 13) con buen contenido de arcilla (17 – 42 %, Tabla 1) y bajo contenido de yeso (< 3 %) la pedialidad varia de moderada a fuerte, con

estructura en bloques subangulares o angulares, migajosa o granular (en el horizonte Ap). Las estructuras migajosa y granular, tienen alta porosidad, son permeables (Porta *et al*., 2003) y son favorables para el desarrollo radicular y de los microorganismos. Ello se constata por la mayor cantidad de bioporos (cámara y canales) en los horizontes superficiales con menos yeso que con los horizontes yesosos o profundos.

Tabla 1. Contenido de carbonatos, yeso, arena y arcilla en el primer horizontes.

Pedión	Horizonte, cm	Arena, %	Arcilla, %	$CaCO_3$, %	Yeso, %	Observación
1	0-24/26	10	7	6	30	Ayz, Hg, s, n
2	0-30	5.2	25.6	19	2	Costra yesosa, Akzn, Ym
3	0-5	4	16	1.5	14.2	Yzm, n
4	0-20	10.8	7.2	1	54.3	Ym, Pg, Hg
5	0-20	2	42	26	2.5	Ay, Hg
6	0-3	9.6	8	1.2	29	Ayz, Hg, s, n
7	0-12	15.5	5.5	1.8	45.9	Hg
8	0-0.7	21.5	33.5	1.5	21	Costra salina, Yz, Hg
9	0-15	8	6	1.8	57	Ym, Pg, Hg
10	0-15	1.3	47.7	16	0.4	Ak, Y, Cg
11	0-10	26	7	5	69.6	Costra yesosa, Hg
12	0-20/30	16.7	6.3	3	72.3	Costra yesosa, Y, s, n
13	0-20	0.5	35.5	10.9	0.95	Ak, Y, Cg
14	0-2/7	7	14	16	11.6	Costra yesosa, Hg, Ym
15	0-20	11.4	17.2	56	24	Y, Ck
16	0-12	27.8	7.6	5.3	4.7	Y, Hg

Nota: Y=Gípsico, Hg= Hipergípsico, Pg=Petrogípsico, s= Salino, n= Sódico, Ym= Cementado, Cg= Cálcico-gípsico, k=Acumulación de carbonatos pedogenéticos, z=Acumulación de sales más solubles que el yeso.

La determinación de la textura de los suelos yesosos se dificulta debido a características inherentes al yeso, tales como: su naturaleza semisoluble, flocular a la arcilla y al limo, su baja densidad, su forma y la presencia de agua en la molécula (Poch y Verplancke, 1997; Artieda, 2004), por lo que los métodos tradicionales o estándar (Bouyoucos, pipeta) no reflejan las condiciones de campo. Así los datos del contenido de arcilla (Tabla 1) pueden estar subestimados, ya que la textura se determinó con el método de la pipeta. Es necesario el pretratamiento del suelo con $BaCl_2$ para formar una película de $BaSO_4$ en los granos de yeso (Hesse, 1976, cita Artieda 2004). La porosidad varía con el contenido de yeso, así en los horizontes no yesosos suele ser mayor a 35 % y en los yesosos menor a 35 %. Además, los tipos de poros son diferentes, sobre todo en los horizontes hipergípsicos en los que dominan las vesículas, caracterizadas por no estar conectadas y con tendencia a presentar baja permeabilidad.

La formación de costra y compactación en suelos yesosos afectan el desarrollo de las plantas. Los pediones 2, 11, 12 y 14 (Tabla 1) tienen costra superficial que a veces solamente se quiebra con martillo. Todos los pediones con horizonte yesoso somero son propensos a formar costra o a endurecerse. La costra impide la infiltración y dificulta la nacencia de las plántulas, siendo necesaria la resiembra. Es necesario considerar que los mejoradores del suelo puede disminuir el endurecimiento, por lo que se recomienda su aplicación en áreas agrícolas. El riego por inundación en suelos yesosos suele ocasionar la disolución del yeso y

con ello el deterioro de la infraestructura hidráulica, formación de dolinas, pérdida de agua, etc. (Van Alphen y de los Ríos, 1971; Mashali, 1996; Herrero y Boixadera, 2002). Lo anterior se constató en el Rancho La Concepción, municipio de Ciudad Fernández (Pedión 1), donde en alfalfares existen hundimientos cuyo taponamiento han intentado sin éxito. Estos problemas se pueden minimizar con riego por aspersión o localizado (Herrero y Boixadera, 2002).

Las raíces no penetran el horizonte con yeso microcristalino y solamente lo hacen a través de canales de fauna preexistentes y tienden a formar un manto de raíces en la parte superior de este horizonte (Poch *et al*., 1998; Porta *et al*., 1977)), situación de la mayoría de los pediones con horizonte yesoso somero (1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 14). En los pediones 7 y 8 se constató el desarrollo de manto de raíces de 4 a 12 cm de espesor, y sin penetrar en el horizonte gípsico e hipergípsico. Respecto a la capacidad de retención de agua, CRA, quizás el material yesoso (áspero al tacto) de los pediones 3 y 8 tenga baja CRA disponible, similar al Cy de Herrero (6.6 a 14.2 %, 1991) y al yeso vermiforme y grano grueso de Poch *et al*. (5.5 %, 1998). En cambio los Pediones 1 (tercero al quinto horizonte), 4 (horizonte superficial), 5 (tercero y cuarto horizontes), 6, 7, 9, 10 (cuarto horizonte), 11, 12, 13 (cuarto horizonte) corresponden principalmente a yeso microcristalino, por lo que su CRA puede ser más alta, probablemente similar a la del horizonte Y de Herrero (9 a 17.3 %, 1991), y a la del yeso pulverulento y/o microcristalino de Poch *et al*. (11.9 %, 1998).

Conclusiones

Las propiedades físicas de los suelos yesosos (encostramiento, endurecimiento, horizonte petrogípsico, retención de agua, etc.) deben tenerse en cuenta para determinar el manejo y uso de dichos suelos. Las tierras con horizonte yesoso a menos de 50 cm no se recomienda dedicarlas para la agricultura; de preferencia se deben dejar con la vegetación natural o se pueden destinar para agostadero con determinación de la carga animal acorde a su capacidad de uso.

Bibliografía

Alphen, J. G. van y De los Ríos, R. F. 1971. Gypsiferous soils. Notes on their characteristics and management. International Institute for Land Reclamation and Improvement. *Bulletin* 12:1-44.

Artieda, O. 2004. Materiales parentales y geomorfología en la génesis de Aridisoles en un sector del centro del valle del Ebro. Tesis de doctorado, Universidad de Zaragoza, CITA-DGA, España. 586 pp.

Boyadgiev, T. G. y Verheye, W. H. 1996. Contribution to a utilitarrian classification of gypsiferous soil. *Geoderma* 74: 321 – 338.

Bullock, P., Fedoroff, N., Jongerius, A., Stoops, G., Tursina, T., y Babel, U. 1985. Handbook for soil thin section description. Waine Research Publications. 153 pp.

CETENAL, 1972. Cartografía edafológica escala 1:50 000 y 1:250 000. SPP, México.

FAO, 1990. Management of gypsiferous soils. FAO Soils Bulletin No 62. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 81 pp.

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. UNAM, México, D. F.

Grande-López, R. 1987. El yeso y sus mecanismos en el suelo. *Acta Científica Potosina*, IX(1): 30 – 50. UASLP-México.

Herrero, J. 1991. Morfología y génesis de suelos sobre yesos. Monografías INIA No 77. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Madrid, España. 447 pp.

Herrero, J., Porta, J., y Fédoroff, N. 1992. Hypergypsic soil micromorphology and landscape relationships in Northeastern Spain. *Soil Science Society American Journal* 56: 1188-1194.

Jafarzadeh, A. A. y Zinck, J. A. 2000. Worldwide distribution and sustainable management of soils with gypsum. International Simposium on Desertification, Konya. Soil Science Society of Turkey. 9 p. http://www.toprak.org.tr/isd/isd_66.htm.

Lagunes-Espinoza, L. del C. 1985. Caracterización química de una serie de suelos ígneos, calcáreos y yesosos del Altiplano Potosino - Zacatecano. Tesis profesional, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana.

Mashali, A. M. 1996. Soil management practices for gypsiferous soils. In: Poch, R. M. (ed.) *Proceedings of the International Symposium on Soil with Gypsum*. 15-21 September. Edicions Universitat de Lleida. Lleida, Spain. P: 34 – 52.

Meyer, E. S. 1980. The ecology of gypsophily in the eastern Mojave Desert. Dissertation of Doctor of Phylosophy. Graduate Faculty of Botany, Claremont Graduate School. Claremont. 199 pp.

Meyer, E. S. 1986. The ecology of gypsophile endemism in the eastern Mojave desert. *Ecology*, 67: 1303 – 1313.

Meyer, E. S. y García-Moya E. 1989. Plant community patterns and soil moisture regime in gypsum graslands of North Central Mexico. *Journal of Arid Environments*. 16: 147 - 155.

Meyer, E. S., García-Moya, E. y Lagunes-Espinoza, L. C. 1992. Topographic and soil surface effects on gypsophile plant community patterns in central México. *Journal of Vegetation Science* 3: 429 - 438.

Pineda-Mares, P. 2001. Respuesta del maíz al fósforo y un mejorador de suelos en áreas yesosas de la Zona Media de San Luis Potosí. Tesis de licenciatura, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, UACh. 65 pp.

Pineda-Mares, P., Martínez-Montoya, J. F., Amante-Orozco, A., y Ruiz-Vera, V. M. 2001. Respuesta del maíz al fósforo y un mejorador de suelos en áreas yesosas de la Zona Media de San Luis Potosí. Revista Chapingo, Serie Zonas Áridas 2(2): 106 – 113.

Poch, R. M. 1992. Fabric and physical properties of soils with gypsum and hypergypsic horizons of the Ebro Valley. Ph. D. Thesis. U. Ghent. 285 pp.

Poch, R. M., De Coster, W. y Stoops, G.. 1998. Pore space characteristics as indicators of soil behaviour in gypsiferous soils. *Geoderma*. 87: 87-109.

Porta, J., López-Acevedo, M., y Roquero, C. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3ª edición. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 929 pp.

Soria-Colunga, J. 2004. Génesis, morfología y clasificación de suelos derivados de yeso y caliza en los municipios de Guadalcázar, Villa Hidalgo y Villa Juárez, S.L.P. Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F. 182 pp.

Stoops, G. 2003. Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections. Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI. 184 pages

Terrazas-Astorga, J. M. 1985. Respuesta del jitomate (*Lycopersicun esculentum* Mill) a la nutrición de K, Ca y Mg en un suelo yesoso de Guadalcázar, SLP, bajo condiciones de invernadero. Tesis profesional, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, UACh., México.

Van Reeuwijk, L. P. (Ed.) 1999. Procedimientos para análisis de suelos, versión 1995. Traducción de: Gutiérrez-Castorena, Ma del C., Tavarez-Espinosa, C. A., y Ortiz-Solorio, C. A. Primera edición en español. Especialidad de Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 145 pp.

Verheye W. H. y Boyadgiev G., 1997. Evaluating the land use potential of gypsiferous soils from field pedogenic characteristics. Soil Use and Management, 13:97-103.

PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE MORINGA (*Moringa oleifera* Lam.) EN LAS PARTES BAJAS DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN

Meza-Carranco, Z[1]; Olivares-Sáenz, E[1]*; Gutiérrez-Ornelas, E[1]; Bernal-Barragán, H[1]; Aranda-Ruiz, J[1]; Vázquez-Alvarado, RE[1] y Carranza-de la Rosa R

[1]Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía. Gral. Escobedo, Nuevo León, México.

*Autor responsable: emolivares@gmail.com; Calle: Francisco Villa, Núm. s/n, Col. Ex-Hacienda "El Canadá", General Escobedo, Nuevo León, México. C.P. 66050. Tel. (81) 83-29-40-00 ext. 3532, 3533 y 3571.

Resumen

El cultivo de *Moringa oleifera* Lam. representa una alternativa viable como producción de forraje, debido a su rápido crecimiento, así como su producción de biomasa. El objetivo de esta investigación fue evaluar la producción de forraje así como la relación tallo:hoja, en función de los factores: dos niveles de fertilización nitrogenada (0 y 400 kg de N ha^{-1} $año^{-1}$), dos variedades de *Moringa oleifera* (vaina corta y larga), dos densidades de población (11 y 33 plantas m^{-2}) y dos alturas de planta al corte (146 y 178 cm). Los resultados mostraron que la producción de forraje fresco y seco, así como la relación tallo:hoja, no registraron diferencias ($P > 0.05$) entre niveles de fertilización, variedades y densidades de población; sin embargo, la altura de planta al corte afectó ($P < 0.05$) la producción de forraje fresco y seco, así como la relación tallo:hoja.

Palabras clave

Moringa oleifera, variedades, altura de planta

Introducción

La *Moringa oleifera* es un árbol originario de la India que ha sido cultivado en México y otras partes del Mundo. Este árbol es de rápido crecimiento y llega a obtener una altura superior a 5 m en el mismo año de su siembra desde semilla, árboles adultos llegan a desarrollarse hasta 10 m de altura (Paliwal *et al*., 2011). Tiene una gran capacidad de resistencia a las podas, ofreciendo así flexibilidad para manejarlo como forraje que se puede estar cosechando en diversas ocasiones durante el año. Existen factores como la temperatura ambiental y la humedad disponible en el suelo, que afectan el comportamiento de la producción de forraje de moringa. Éste cultivo, tiene preferencia por climas cálidos, desarrollando una mayor producción de biomasa cuando hay mayor disponibilidad de humedad en el suelo (Reyes *et al*., 2006); sin embargo, no tolera suelos saturados de humedad durante períodos prolongados de tiempo (Paliwal *et al*., 2011).

En México existe una amplia variabilidad de condiciones climatológicas, lo que produce una estructura productiva de las actividades agropecuarias con características muy diferentes entre una y otra región (SAGARPA, 2007), por lo que es importante realizar estudios localizados sobre la producción de forraje de *Moringa oleifera*, para obtener una referencia de la productividad que pudiera tener el cultivo en cada zona (Mathur, 2005).

Materiales y Métodos

El presente trabajo se realizó en el año 2013, en Instalaciones de la Facultad de Agronomía de la UANL, localizada en el Campus Ciencias Agropecuarias en el municipio de Gral. Escobedo, Nuevo León, con una ubicación geográfica de 25º 47' 07.54'' latitud Norte, 100º 17' 03.93'' longitud Oeste, altitud de 479 msnm (INEGI, 2012) y precipitación pluvial anual de 581.4 mm (INEGI, 2011). La temperatura ambiental (°C) durante el experimento, se registró con un almacenador de datos (Data Logger S100TH), a intervalos de cada hora.

El suelo del área experimental registró un pH de 7.9, un contenido de materia orgánica de 2.9%, un contenido de fósforo y potasio disponibles de 175.5 ppm y 1.0 meq 100 g^{-1}, respectivamente, el suelo pertenece a la clase arcilloso fino, según (USDA, 2011).

El área experimental total (563 m^2) se preparó con dos pasos de rastra cruzada (29 de enero 2013) y posteriormente se fertilizó (7 de marzo del 2013) con vermicomposta de estiércol bovino a razón de 5 ton ha^{-1}; además, en el área de los tratamientos (264 m^2), se utilizó fertilizante granulado con fósforo, potasio y azufre (50, 50 y 6 kg ha^{-1} $año^{-1}$ de P_2O_5, K_2O, y S, respectivamente). En los tratamientos que incluyeron nitrógeno (400 kg ha^{-1} $año^{-1}$), éste se adicionó a razón de 100 kg N ha^{-1}; incorporando la fertilización al suelo por medio de una roto-cultivadora; el resto de la fertilización nitrogenada se aplicó a razón de 100 kg N ha^{-1}, 15 días después de cada cosecha, incorporándola al suelo al momento de cultivar, utilizando un talache.

El cultivo de moringa se estableció el 29 de marzo del 2013, en cajas de propagación de unicel con 200 cavidades cada una, utilizando sustrato de turba grado hortícola (COSMOPEAT). El trasplante del cultivo en cada unidad experimental se realizó el 22 de abril del 2013, cuando la planta registró 15 cm de altura promedio.

El cultivo se desarrolló a cielo abierto, en condiciones de riego por goteo con cintilla de 16 mm de diámetro interno, con goteros espaciados a 20 cm y un gasto de 484 l h^{-1} en 100 m a 10 psi. El espacio usado para la ubicación de la cintilla en campo fue de 60 cm entre líneas de riego y éste estuvo sujeto para su aplicación al monitoreo de humedad en el suelo diariamente, a través de dos tensiómetros con profundidad de 30 cm, ubicados en forma aleatoria en el área experimental. El riego se aplicó cuando los tensiómetros indicaban lecturas entre 15 y 20 centibares.

El experimento se estableció bajo un diseño experimental de bloques al azar, donde se evaluaron: dos niveles de fertilización nitrogenada (0 y 400 kg de N ha^{-1} $año^{-1}$), dos variedades de *Moringa oleifera:* de vaina corta (24 cm) y de vaina larga (45 cm), dos densidades de población (11 y 33 plantas m^{-2}) y dos alturas de planta al corte (146 y 178 cm). El corte de las plantas se realizó a 15 cm sobre el nivel del suelo. Los tratamientos se formaron con la combinación de los niveles de los factores, de acuerdo a un arreglo factorial Taguchi (Peace, 1993) de 2^4, con una unidad experimental de 300 x 275 cm. Cada uno de los tratamientos se repitió 4 veces en el campo.

La diferencia de medias entre los niveles de los factores (fertilización, variedad, densidad y altura de planta) se determinaron por medio de análisis de varianza (ANVA, $P < 0.05$); utilizando el paquete estadístico SPSS versión 20.0.

Resultados y Discusión

La producción de forraje fresco no registró diferencia significativa ($P > 0.05$) entre niveles de fertilización, variedades y densidades de población, obteniendo 33.6 Mg ha^{-1} corte^{-1}, en promedio; sin embargo, la altura de planta al corte registró diferencia significativa ($P < 0.05$), obteniendo 29.8 y 37.4 Mg ha^{-1} corte^{-1} en las alturas respectivas a AC1 y AC2, produciendo 90 y 105.3 Mg ha^{-1} año^{-1} en el 2013, así como 118.4 y 119.1 Mg ha^{-1} año^{-1} en el 2014, respectivamente. Reyes *et al*. (2006), registraron una disminución en el rendimiento de forraje fresco del primero al segundo año de producción, obteniendo producciones respectivas de 100.7 y 57.4 Mg ha^{-1} año^{-1}, en plantas cosechadas cuando tuvieron entre 142 y 151 cm de altura, la disminución en la producción de forraje fresco según los autores fue debida a una menor precipitación pluvial en el segundo año respecto al primero.

La producción de forraje seco no registró diferencia significativa ($P > 0.05$) entre niveles de fertilización, variedades y densidades de población, obteniendo 4.7 Mg ha^{-1} corte^{-1}, en promedio; sin embargo, la altura de planta al corte registró diferencia significativa ($P < 0.05$), obteniendo 3.8 y 5.6 Mg ha^{-1} corte^{-1} en las alturas respectivas a AC1 y AC2, produciendo 11.7 y 17.1 Mg ha^{-1} año^{-1} en el 2013, así como 14.8 y 16.5 Mg ha^{-1} año^{-1} en el 2014, respectivamente. Reyes *et al*. (2006), registraron una disminución en el rendimiento de forraje seco del primero al segundo año de producción, obteniendo producciones respectivas de 24.7 y 10.4 Mg ha^{-1} año^{-1} en plantas cosechadas cuando tuvieron entre 142 y 151 cm de altura, la disminución de más del 50% en el segundo año, fue según los autores, debida a una menor precipitación pluvial en el segundo año respecto al primero. Mendieta *et al*. (2013), registraron diferencia significativa en la producción de forraje de *Moringa oleifera* en base seca, al utilizar las densidades de población de 10 y 17 plantas m^{-2}, obteniendo 11.6 y 21.2 Mg ha^{-1} año^{-1}, respectivamente.

La relación tallo:hoja no registró diferencia significativa ($P > 0.05$) entre niveles de fertilización, variedades y densidades de población, obteniendo 2.1:1.0 g bs, en promedio; sin embargo, la altura de planta al corte registró diferencia significativa ($P < 0.05$), obteniendo en ambos años (2013 y 2014) 1.8:1.0 y 2.4:1.0 g bs, en las alturas respectivas a AC1 y AC2. Reyes *et al*. (2006), reportaron en el primer año del cultivo, relaciones de fracción fina (partículas menores a 0.5 cm de diámetro, incluyendo hojas, pecíolos y tallos) y fracción gruesa (tallos con diámetro mayor a 0.5 cm) en materia seca de 0.7:1.0, 0.9:1.0 y 2.0:1.0, correspondientes a 85, 103 y 143 cm de altura de planta. La relación tallo:hoja es similar a la obtenida en la presente investigación cuando las alturas de planta son semejantes.

Conclusiones

La producción de forraje fresco y seco de *Moringa oleifera* en las partes bajas del Estado de Nuevo León fue aceptable debido a los altos rendimientos obtenidos, además se registró una buena relación tallo:hoja, mostrando el cultivo una buena adaptabilidad a las condiciones climatológicas y edáficas, representando una alternativa de forraje en dichas áreas.

Agradecimientos

La presente investigación se realizó gracias a la colaboración conjunta de la Universidad Autónoma de Nuevo León, así como de la Facultad de Agronomía, la Subdivisión de Estudios de Postgrado, el Proyecto Invernaderos, el Centro de Agricultura Protegida, así como su Equipo de Laboratorio, aunado al de los Laboratorios de Suelos, Nutrición y Calidad de Alimentos y de Biotecnología Microbiana; participando además, la Fundación Produce Nuevo León, A. C. y el CONACYT.

Bibliografía

INEGI. 2011. Anuario estadístico de Nuevo León. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Gobierno del Estado de Nuevo León. ISSN 0188-8471. 594 p.

INEGI. 2012. Google Earth 6.2.2.6613. Fecha de la compilación 4/11/2012. Servidor kh.google.com. Google Inc. 2012. (Google 2012 – INEGI 2012).

Mathur, B. S. 2005. The incredible moringa leaves. http://www.treesforlife.org/sites/default/files/documents/English%20moringa_book_view.pdf Consultado 25 de Jun del 2012. 35 p.

Mendieta, B. A., E. Spörndly, N. S. Reyes, F. M. Salmerón and M. Halling. 2013. Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera* under different planting densities and levels of nitrogen fertilization. Agroforest Syst. 87:81-92.

Paliwal, R., V. Sharma and Pracheta. 2011. A Review on Horse Radish Tree (*Moringa oleifera*): A Multipurpose tree with high economic and commercial importance. Asian J. Biotechnol. 3(4):317-328.

Peace, G. S. 1993. Taguchi Methods: a hands-on approach. Addison-Wesley Publishing Company. ISBN 0-201-56311-8. 522 p.

Reyes, N. S., S. Ledin and I. Ledin. 2006. Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera* under different management regimes in Nicaragua. Agroforestry Systems. 66:231-242.

SAGARPA, 2007. Programa sectorial de desarrollo agropecuario y pesquero. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. http://www.sagarpa.gob.mx/transparencia/pot2008/XV-inf/Programa-Sectorial2007-2012.pdf Consultado 22 de Ene del 2013. 96 p.

USDA (United States Department of Agriculture) 2011. Soil survey laboratory information manual. Soil survey investigations report No. 45 Ver. 2.0, Lincoln, Nebraska, 506 p.

INDICADORES ECONÓMICOS DEL CULTIVO DE MAIZ SEGÚN LA CLASIFICACIÓN MAYA DE LOS SUELOS EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Uzcanga-Pérez, NG[1*]; Cano-González, A[2]; Ramírez-Silva, JH[3]; Aguilar-Duarte, Y[4]; Tun-Dzul, J[5]

[1]INIFAP, C.E Mocochá. Mocochá, Yucatán. México.
[2]INIFAP, CIRSE. Mérida, Yucatán. México.
[3]INIFAP, CIRSE. Mérida, Yucatán. México.
[4]INIFAP, CIRSE. Mérida, Yucatán. México.
[5]INIFAP, C.E Mocochá. Mocochá, Yucatán. México.

*Autor responsable: uzcanga.nelda@inifap.gob.mx; Mocochá. Km. 25 Antigua Carretera Mérida-Motul, Mocochá Yucatán. México. C.P. 97454. Tel. +52 (991)-916-2215 ext. 133.

Resumen

El cultivo de maíz es una de las actividades más importantes del sector agrícola. Sin embargo, existe poca información referente a la tecnología del productor que fuese analizada no solo en términos de rendimientos, sino que integre costos de producción y beneficios de manera conjunta. El objetivo principal de este trabajo fue evaluar económicamente las explotaciones de maíz ubicadas en suelos mecanizables de la Península de Yucatán. Para ello se recopiló información técnica y de costos a través de entrevista directa con el productor. La estimación de rendimiento se realizó en 43 sitios distribuidos en la zona de estudio con metodología INIFAP. La información fue analizada con el paquete estadístico Predictive Analytical Software and Solut (PASS) versión 21. Se realizó el test de Levene sobre homogeneidad de varianzas contrastando la hipótesis (H_0: $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2$) y el ANOVA de un factor manteniendo la hipótesis (H_0:$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$) y la prueba de Turkey para la comparación múltiple de medias e identificar diferencias significativas por Entidad y clasificación del suelo. Los rendimientos más altos se estimaron en suelo Akalche (4.03 t ha^{-1}). Sin embargo, la representatividad de los suelos con uso agrícola, muestreados en la Península de Yucatán (79.1%) fueron K´an kab en donde se estimaron rendimientos de 2.72 t ha^{-1}. No se encontraron diferencias estadísticas entre las variables e indicadores socioeconómicos contrastados por entidad y clase de suelo, pero los resultados permitieron concluir que la mayoría de las explotaciones de maíz de más de 20 ha, en suelos mecanizables, son rentables y eficientes económicamente.

Palabras clave

Costos; utilidad; maíz.

Introducción

El maíz se posiciona como una de las cadenas de importancia socioeconómica aunque poco competitiva en estudios estatales y nacionales (Maya *et al*., 2010; Vázquez *et al*., 2010). En la Península de Yucatán esta actividad generó 96,435 empleos y se estimó una producción de 551,647 toneladas valoradas en 1, 851, 031 miles de pesos. La superficie destinada al

cultivo de maíz asciende a 385,743 hectáreas de las cuales 97.27% fueron de temporal y 2.73% de riego (SIAP, 2012).

Los sistemas de producción de maíz ubicados en la Península de Yucatán se caracterizan por siembras de temporal, uso de semilla mejorada y aplicación de fertilizante. El peso relativo de estos sistemas de producción campesina minifundista, con producción simple de mercancías y condiciones de pobreza, es considerablemente mayor que en las zonas geo-económicas del norte y centro occidente, donde el predominio de las formas capitalistas de producción es mayor (González y Alferes, 2010).

Lo anterior nos plantea la necesidad de conocer de manera más objetiva la tecnología utilizada tradicionalmente por los agricultores y evaluarla no solo en términos de rendimientos sino en un análisis que integre tanto los costos de producción como los beneficios netos. Además de identificar las diferentes circunstancias que afrontan los productores en cada una de las etapas del proceso productivo en cuanto a la disponibilidad de recursos. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue analizar económicamente las explotaciones de maíz de temporal en la Península de Yucatán.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en la Península de Yucatán durante el ciclo primavera verano 2013 en 43 sitios mecanizables y superficies mayores a 20 ha, distribuidos: 13 en Campeche, 20 en Yucatán y 10 en Quintana Roo, mismos que fueron georreferenciados previamente en el trabajo de muestreo de suelo. Posteriormente y con una encuesta estructurada se recabo información del productor sobre aspectos de la unidad de producción, agronómica y económica. Se estimaron Costos totales, Ingreso, Utilidad, Rentabilidad, Relación Beneficio-costo y Costo privado.

Los costos fijos (CF) fueron aquellos que no dependieron de la cantidad producida, también llamados como factores fijos de producción (Fischer *et al.*, 1989) y los costos variables (CV) fueron aquellos que dependieron del nivel de producción como el trabajo y las materias primas (mano de obra, fertilización, sanidad del cultivo y otros) que se utilizaron durante el establecimiento de la parcela. El ingreso (IT) se estimó de la venta del grano más el valor de los productos no vendidos a precios de mercado. Utilidad (U) fue la ganancia monetaria del productor durante el período de análisis una vez descontado los costos totales de producción.

Los indicadores económicos calculados fueron a) Rentabilidad (R) para conocer en términos porcentuales la ganancia o pérdida en relación a la inversión total del productor en un ciclo de producción cuyo criterio fue R<0 No rentable, b) Relación beneficio costo ($R_{B/C}$) para conocer los rendimientos obtenidos por cada peso invertido en la producción y c) Relación costo privado (RCP) para la cuantificación de la eficiencia privada o ganancia del productor donde Si $\mathrm{RCP} < 1$ productor eficiente, $\mathrm{RCP} = 1$ no genera ganancias, $\mathrm{RCP} > 1$ productor ineficiente (Monke y Pearson, 1989; González y Alferes, 2010).

Los datos fueron tabulados y analizados con el paquete estadístico Predictive Analytical Software and Solut (PASS) versión 21. Se tomó como variable dependiente (superficie, rendimiento, costos, beneficios, ingreso neto) e independiente (clasificación del suelo) para realizar el test de Levene para homogeneidad de varianzas y contrastar la hipótesis $H_0{:}\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2$. Además, se realizó una comparación de medias con ANOVA de un factor para contrastar la hipótesis $H_0{:}\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ y encontrar diferencias significativas por entidad y/o clase de suelo. Además, se utilizó la prueba de Turkey para la comparación múltiple de medias (Nel, 2012; Pérez, 2009).

Resultados y discusión

La mayoría de los sitios muestreados, 79.1%, se clasificaron como K´an kab, 9.3% Yaax kom, 7.0% Ak´al ché, 4.7% Puus Lu´um de acuerdo con la clasificación maya. La mayoría de los K´an kab, corresponden con los Luvisoles (LV) y los Ak´al chés (Bautista, 2005). La mayor proporción de K´an kab se concentró en Yucatán y Campeche (Cuadro 1).

Cuadro 1. Número de sitios por entidad federativa según clasificación maya para los suelos de uso agrícola.

Entidad	Clasificación				Total
	Ak´al ché	K´an kab	Puus Lu´um	Yaax kom	
Campeche	1	11	0	1	13
Quintana Roo	2	3	2	3	10
Yucatán	0	20	0	0	20
Total	3	34	2	4	43

La superficie sembrada vario de acuerdo al tipo de tenencia de la tierra, 62.79% fue ejidal (40.87 ha), 27.91% propiedad privada (83.20 ha) y 9.30% para terrenos arrendados (28.50 ha).

De acuerdo con la entidad federativa se observó que Quintana Roo sembró mayor superficie por unidad de producción muestreada (79.80 ha) (dos productores 420 y 250 hectáreas, respectivamente) seguido de Yucatán (55.50 ha) (un solo productor sembró 700 hectáreas), y Campeche (24.95 ha). Sin embargo, las labores para preparar dicha superficie no fueron tecnificadas ya que la mayoría de los productores únicamente utilizan en una ocasión rastra agrícola, semi pesada o una combinación de ambas. Resultados coinciden con Tucuch *et al*., (2007) ya que indican que la mayoría de los productores (80.0%) realiza estas actividades en Campeche y que son componentes tecnológicos que hay que conservar por los beneficios a la producción de maíz.

El 39.59% de los productores sembraron durante el período recomendado por el INIFAP (01 junio-31 julio), 34.88% durante el período óptimo (15 de junio-15 julio) y 25.58% en otras fechas. El 67.4% de los productores realizó esta actividad con maquinaria y el resto, de manera manual (superficies comunales). El uso de semilla híbrida de maíz fue de la preferencia de los productores en las tres entidades.

Las densidad media fue 52,875 plantas/ha en Quintana Roo, 48,221 plantas/ha en Yucatán y 46,192 plantas/ha en Campeche. No obstante, los resultados obtenidos para esta misma variable de acuerdo con la clasificación del suelo, indican que la media de densidad de los suelos Ak´al chés, fue la más elevada con 54,386 plantas por hectárea.

Los rendimientos más altos se estimaron en Campeche con 3.28 t ha^{-1}, coincidente con las estimaciones realizadas para el mismo ciclo de análisis primavera verano 2013 por Uzcanga *et al*. (2014) y por lo sugerido por Medina *et al*. (2009) para los suelos preparados con maquinaria.

El resultado de la prueba de Levene sobre homogeneidad de varianzas calculó un nivel crítico (p=0.971) aceptando la hipótesis nula de igualdad de varianzas. Del ANOVA se obtuvo un nivel crítico (p=0.058) asumiendo medias diferentes, lo que fue descartado con los resultados de la prueba de Turkey (p= 0.117) para concluir que si bien la media de rendimiento es diferente por entidad, esta diferencia no es significativa estadísticamente.

En los suelos tipo K´an kab, de mayor representatividad de los sitios muestreados, se estimaron rendimientos 2.72 t ha^{-1} contrastando con los estimados de 4.03 t ha^{-1} en suelos tipo Ak´al ché (Cuadro 2).

Cuadro 2. Media, mínimo y máximo de rendimiento de maíz en t ha^{-1} por clase de suelo

Clasificación	Media	Mínimo	Máximo
Ak´al ché	4.03	3.61	4.30
K´an kab	2.72	1.00	5.52
Puus Lu´um	2.60	2.10	3.09
Yaax kom	3.49	1.88	4.90
General	2.88	1.00	5.52

El ingreso del productor por la venta del grano a precios corrientes del 2013 no presentó diferencia significativa por entidad. El ingreso más alto fue el de los productores de Yucatán ($9,326.90) debido al precio medio de venta de $3,925.00/ton y no por mejoras en rendimiento. Sin embargo, al contrastar las variables económicas con la clase de suelo se encontró que tanto el ingreso como la utilidad del agricultor fue mayor en sitios con suelo tipo Ak´al ché, ubicados en Campeche y Quintana Roo, entidades cuyos rendimientos medios fueron de 3.28 t ha^{-1} y 3.19 t ha^{-1}, respectivamente (Cuadro 3).

Cuadro 3. Precio, ingreso, costos de producción de los agricultores según clasificación maya para los suelos de uso agrícola.

Clasificación	Precio/ton	Ingreso/ha	Costo /ha	Costo/ton	Utilidad/ha
Ak´al ché	$3,333.33	$13,608.33	$7,292.77	$1,895.16	$5,907.33
K´an kab	$3,399.74	$8,884.63	$6,130.40	$2,645.74	$2,487.63
Puus Lu´um	$2,825.00	$7,392.75	$5,654.00	$2,394.76	$1,516.75
Yaax kom	$2,552.50	$8,939.98	$5,970.00	$1,784.90	$2,701.73
General	$3,289.56	$9,149.95	$6,174.41	$2,501.62	$2,700.97

Los indicadores económicos calculados por entidad indican que la mayoría de las explotaciones de maíz analizadas fueron rentables debido a que el precio de venta de la tonelada de maíz estuvo por encima del precio de equilibrio estimado en $2,250.00/ton.

Si bien la rentabilidad por entidad fue mayor para Yucatán en suelo K´an kab, ocasionado por el precio medio de venta ($3,925.00), los agricultores más eficientes fueron los de Campeche, quienes obtuvieron una relación costo privada menor, bajo las mismas condiciones edáficas. No obstante, la rentabilidad fue menor debido a un diferencial del precio de venta a la baja ($1,210.31) en comparación con los precios de Yucatán (Cuadro 4).

Cuadro 4. Indicadores económicos del cultivo de maíz asociados a suelo tipo K´an kab.

Entidad	R (%)	$R_{B/C}$	R.C.P
Campeche	27.14	1.27	0.01
Quintana Roo	52.69	1.52	0.13
Yucatán	65.33	1.65	0.63
General	51.86	1.51	0.39

Conclusiones

La mayoría de los suelos muestreados fueron de tipo K´an kab ubicados principalmente en las entidades de Yucatán y Campeche. El rendimiento estimado de maíz para esta clasificación de suelo fue uno de los más bajos, situación que refleja la degradación de los suelos por uso agrícola, la R.C.P de la producción de maíz de temporal sugiere que los productores de Yucatán son los menos eficientes con relación al uso de sus recursos disponibles. Por otra parte, no se encontró diferencia estadística entre las variables económicas clasificadas por entidad y suelo situación, lo que sugiere la poca variabilidad del manejo del cultivo. No obstante, el precio del maíz desincentiva a los productores que tienen un mayor conocimiento y manejo del cultivo, pues si bien el rendimiento obtenido fue mejor, no lo fue para el precio de su producto, dada la limitada participación de los agricultores en el mercado.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los fondos fiscales del INIFAP por el financiamiento del proyecto 060103F Manejo Integral de la Heterogeneidad de los Suelos Mecanizables en la Península de Yucatán de donde se derivó la presente publicación.

Bibliografía

Bautista, F. 2005. Información edafológica para el manejo de recursos naturales.p.1-8. In F. Bautista y G. Pala cio (Eds.) Caracterización y manejo de los suelos de la Península de Yucatán: implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán. 282p.

Fischer, S., Dornbusch, R. y Schmalensee, R.1989. Economía. Segunda edición. Mc Graw-Hill, Inc. Chile. p: 181-184.

González, E. A. y Alferes, V.M. 2010. Competitividad y ventajas comparativas de la producción de maíz en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 3(1):381-396.

Maya, M.A., Uzcanga, P.N., De La Rosa, M. A., Sánchez, Z.A y Góngora, G.S. 2010. Actualización de la Priorización de las Cadenas Agroalimentarias y Agroindustriales del Estado de Campeche, INIFAP-Fundación Produce Campeche. Informe Técnico. 72p.

Medina, M.J., Volke, H.V., Galvis, S.A., González, R.J., Santiago, C.M. y Cortez, F.J. 2009. Propiedades químicas de un Luvisol después de la conversión del bosque a la agricultura en Campeche, México. Agronomía Mesoamericana. 20(2): 217-235.

Monke, E. and Pearson, S. 1989. The policy analysis matrix for agricultural development. Johns Hopkins University Press. Baltimore, Maryland. 201p.

Nel, Q.L. 2012. Estadística con SPSS20. Macro. Lima, Perú. 359p.

Pérez, L.C. 2009. Técnicas de análisis de datos con SPSS 15. Pearson Prentice Hall. Madrid, España. 712p.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SIAP (2012). Estadísticas del cierre de la producción agrícola por cultivo. Ciclo primavera-verano 2012. http://www.siap.gob.mx. Consulta (02/07/2014).

Tucuch, C.F., Ku, N.R., Estrada, V. J. y Palacios, P.A. 2007. Caracterización de la producción de maíz en la zona centro norte del estado de Campeche, México. Agronomía Mesoamericana. 18(2): 263-270.

Uzcanga, P.N., Cano, G.A. y Espinoza, A.J. 2014. Estratificación de los productores de maíz de temporal en el estado de Campeche, México. Memorias In XXVII Congreso Internacional en Administración de Empresas Agropecuarias. Pimentel, G.R. (coord.). San José del Cabo, Baja California. 1-10pp.

Vázquez, A.J., Espinosa, G.J., González, R.H. y Tapia, N.C. 2010.Sistema de evaluación ex ante de proyectos de investigación. Libro técnico N.6. Serie INIFAP. Primera Edición. 143p.