

## Effect of land use change on the edaphologic properties in La Sabana, Huimanguillo, Tabasco, Mexico

### Efecto del cambio de uso de suelo sobre las propiedades edáficas en La Sabana, Huimanguillo, Tabasco, México

Alejandro-Martínez, Patricia<sup>1</sup>; De La Cruz-Morales Mariela<sup>1</sup>; Palma-López David J.<sup>2</sup>; Megia-Vera Héctor J.<sup>1</sup>; Palma-Cancino David J.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico Superior de Villa La Venta. Huimanguillo, Tabasco, México. C.P. 86418.

<sup>2</sup>Colegio De Postgraduados, Campus Cárdenas, Periférico S/N, Cárdenas, Tabasco, México. C.P.

86500. <sup>3</sup>Universidad Politécnica del Golfo de México, Paraíso, Tabasco, México, C.P. 86600

\*Autor para correspondencia: dapalma@colpos.mx

#### ABSTRACT

**Objective:** Evaluate physical and chemical properties of acid soils subject to change of land use in La Sabana of Huimanguillo, Tabasco, México.

**Design/methodology/approach:** The following technical criteria were used: production systems representative of savanna soils in Huimanguillo, Tabasco, from sugar cane (*Saccharum* spp.), pineapple (*Ananas comosus* L.), cassava (*Manihot esculenta* Crantz), pastureland, and acahual (secondary vegetation). Physical and chemical properties were evaluated using standardized methods: apparent density (AD), organic matter (OM), total nitrogen (N), extractable phosphorus (P Olsen), cation exchange capacity (CEC), electric conductivity (EC), exchangeable bases (K, Ca and Mg), and pH.

**Results:** Results suggest highly statistical differences in contents of OM, AD, pH, and porosity (%). Statistical differences were found in Ca, Mg, and K content. Total N, P Olsen, CEC and EC, did not show statistical differences.

**Study limitations/implications:** La Sabana of Huimanguillo, has been affected by a significant loss of soil fertility, therefore is important to evaluate the soil degradation process by change of land use under different climate conditions.

**Findings/conclusions:** Evaluation of soil properties degradation in acid soils subject to different land use, physical and chemical properties of soils showed that sugar cane and pastureland were affected significantly.

**Keywords:** organic matter degradation, soil, acid soils.

#### RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar las propiedades físicas y químicas de suelos ácidos de La Sabana de Huimanguillo, Tabasco, México, sujetos a diferentes usos.

**Diseño/metodología/aproximación:** Se consideraron los siguientes criterios técnicos, sistemas de producción representativos de sabana en el municipio de Huimanguillo que corresponden a caña de azúcar (*Saccharum* spp.), piña (*Ananas comosus* L.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz), pastizal y acahual. Se evaluaron las propiedades físicas y químicas a través de métodos estandarizados: densidad aparente (Dap), materia orgánica (MO), nitrógeno (N) total, fósforo (P Olsen) extractable, capacidad de intercambio catiónico (CIC), conductividad eléctrica (CE), bases intercambiables (K, Ca y Mg) y pH.

**Resultados:** Se obtuvieron resultados altamente significativos para MO, DAP, pH y porosidad (%), en los contenidos de Ca, Mg, y K se encontraron diferencias significativas, en cambio con N total, P Olsen, CIC y CE no se observaron diferencias significativas.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** La Sabana de Huimanguillo, se ha visto afectada por la pérdida significativa de la fertilidad en suelo, por lo que es necesario evaluar el proceso de degradación en un periodo de mayo a diciembre, contemplando las condiciones climáticas (seca-lluvia).

**Hallazgos/conclusiones:** Al evaluar la degradación de las propiedades de los suelos ácidos sujetos a diferentes usos, el sistema de producción de caña de azúcar y el pastizal son los cultivos que más son afectados en las propiedades físicas y químicas de los suelos.

**Palabras clave:** degradación, suelo, suelos ácidos

## INTRODUCCIÓN

**Los suelos** son sistemas naturales abiertos y complejos, que mantienen gran diversidad de plantas aportando nutrientes, además de servir de soporte a las mismas. Las características y propiedades de los suelos son influenciadas por el clima y la biota actuando sobre los materiales geológicos, acondicionados por el relieve y drenaje durante un periodo de tiempo (Palma-López *et al.*, 2008). El suelo es considerado como un cuerpo natural formado por sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases que ocurren sobre la superficie de la tierra, ocupa un espacio y tiene una o ambas de las siguientes características: horizontes o capas que se diferencian del material inicial como resultado de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia, o por la habilidad de soportar raíces de plantas en un ambiente natural (Soil Survey Staff, 2003).

Tabasco, México, tiene una superficie total de 24,661 km<sup>2</sup>, equivalentes al 1.3% del territorio nacional; y sus suelos de La Sabana de Huimanguillo, se localizan en lomeríos con pendientes ligeras, son de baja fertilidad, presentan alta acidez con pH de 4.0 a 5.5 y contenidos de materia orgánica de 1 a 4%, a veces hasta de 20% (Palma-López *et al.*, 2007; 2017; Salgado-García *et al.*, 2017). La materia orgánica desempeña un papel importante en el suelo ya que aporta gran variedad de elementos nutritivos para las plantas, y modifica la estructura del mismo, el conocimiento sobre su aporte de nutrientes es importante, sobre todo en suelos ácidos, por lo que, las estimaciones del suministro al suelo se basan más bien en el rendimiento

de cosechas (Murillo-De La Rosa, 2010).

La sabana se caracteriza por condiciones ambientales donde la agricultura y ganadería, ofrecen un grado diferencial de adaptabilidad en aprovechamiento de la tierra, en este sentido, el patrón de uso del suelo a través de la historia se ha expresado por la dominancia de ganadería extensiva. En la última década, esta actividad se ha estado desplazando gradualmente por cultivos de cítricos (*Citrus* spp.), piña (*Ananas comosus* L.) y yuca (*Manihot esculenta* Crantz), como fuentes de materia prima para la agroindustria (Salgado-García *et al.*, 2017).

Aproximadamente 35 años, dio inicio el cultivo de la piña en La Sabana de Huimanguillo (específicamente en el Ejido La Esperanza), y actualmente emplea a 800 personas, quienes cosechan al año más de 40 mil toneladas (Zavala-Cruz *et al.*, 2014). La integración de la producción de caña de azúcar 12 años después se debió a su relevancia económica, social e impacto favorable en la economía familiar (Zavala-Cruz *et al.*, 2014; Salgado-García *et al.*, 2017). Actualmente, se ha registrado disminución de hasta 70% el uso de suelo de pastizales y ganadería. El presente trabajo tiene como propósito estudiar los cambios en las características físicas y químicas del suelo en diferentes sistemas de producción, dentro de La Sabana, Huimanguillo, Tabasco, tomando como referencia un suelo con vegetación secundaria (acahual).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Ejido La Esperanza, ubicado en La Sabana del municipio de Huimanguillo, Tabasco, México (17° 53' 23.3" y 17° 54'

01.4" N y 93° 37' 30.1" y 93° 38' 20.5" O, Salgado-García *et al.*, 2010). El sitio presenta un clima cálido húmedo Af (m) con temperatura media anual de 26 a 28 °C y precipitación total anual de 2000 a 3000 mm (INEGI, 2001). Para la delimitación del sitio se consideraron los sistemas de producción representativos de La Sabana de Huimanguillo, Tabasco y los diferentes usos de suelo característicos del ejido. Se eligieron cinco usos para determinar los sitios de muestreos: Piña (Pi), Yuca (Y), Caña de azúcar (Ca), Pastizal (Pa) y Acahual (A). Se priorizaron los sitios más cercanos y que contaran con el mismo tipo de suelo, en este caso un Acrisol. En cada sitio se tomaron cuatro muestras de suelo, considerando su topografía para la ubicación de la muestra, la cual se realizó a criterio del experto. Los sitios se geo-referenciaron con ayuda de un GPS (Garmin® eTrex 10).

La toma de muestras y determinación de la densidad aparente (Dap), se basó en la guía para la descripción del suelo (FAO, 2009). Se excavó un pequeño hueco en la superficie del suelo, cubriéndolo con bolsa de polietileno, se llenó completamente midiendo el volumen de agua con una probeta graduada de 100 mL. En laboratorio las muestras fueron secadas a una temperatura de 105 °C por 72 h en la estufa SL® SHEL LAB, para obtener el peso seco con una balanza granataria (Sartorius Ge 612).

Se tomaron muestras de suelo a profundidades variables, dependiendo del grosor del horizonte A, el cual se identificó por el tono oscuro debido a la abundancia de materia orgánica (Caviño *et al.*, 2002). En cada sitio de estudio se tomaron cuatro muestras simples de suelo con una pala recta del primer horizonte, eliminando los dos tercios laterales, para llevar aproximadamente 1.5 kg de suelo al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Agua (LASPA) del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Las muestras fueron secadas a temperatura ambiente y a la sombra durante un mes para su posterior análisis.

Para el análisis de los parámetros físicos y químicos se consideró la NOM-021-RECNAT-2000 (DOF, 2002): materia orgánica (MO) por el método Walkley y Black, nitrógeno total (N) mediante Macro-Keldahl, fósforo

extractable (P) por el procedimiento Olsen, capacidad de intercambio catiónico (CIC) por el método del acetato de amonio, conductividad eléctrica (CE) con conductímetro, bases intercambiables (K, Ca y Mg) extraídas por acetato de amonio a pH 7.0, pH medido en agua en relación 1:2 mediante un potenciómetro y granulometría por el método de Boyoucos. Para examinar los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza (ANOVA), considerando los usos como tratamientos y los muestreos como repeticiones. Se llevó a cabo una prueba de medias de Tukey ( $P=0.05$ ). Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico InfoStat versión 2008.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Propiedades físicas

De acuerdo con la prueba de medias se observa que los tratamientos piña, yuca, caña y pastizal son estadísticamente iguales en cuanto a densidad aparente (Dap) y diferentes al sitio de acahual (Cuadro 1). Tomando como referencia el acahual con  $1.08 \text{ t m}^{-3}$ , se infiere que los suelos de cada cultivo tienden a la compactación, por lo que tendrán menor capacidad de retención de humedad. Los cultivos de caña de azúcar y yuca presentan los suelos con mayor grado de degradación para esta variable (Palma-López *et al.*, 2008). Al respecto, Alvarado y Forsythe (2005), indican que en suelos cultivados la Dap tiende a disminuir en el horizonte A debido a mayor actividad biológica. Autores como Castellanos *et al.* (2000), señalan que una menor Dap, indica que en el suelo existe un alto contenido de MO, una menor compactación y una mayor porosidad y conductividad hidráulica, lo que se refleja en un medio propicio para la penetración radicular, como sucede con los suelos de acahual.

Para la variable de profundidad del horizonte A de los suelos, se encontraron diferencias significativas ( $P<0.05$ ) entre los promedios de profundidad para los usos de suelo evaluados. El tratamiento que presenta el mayor grosor del horizonte es el Acahual ( $42.50 \pm 2.56$ ), como se esperaba dada la protección de la cobertura vegetal para disminuir el riesgo de erosión (Palma-López *et al.*, 2008), seguido de los cultivos de piña ( $31.00 \pm 2.56$ ), caña de azúcar ( $27.25 \pm 2.56$ ), yuca ( $20.75 \pm 2.56$ ), y pastizal ( $17.50 \pm 2.56$ ).

**Cuadro 1.** Densidad aparente (Dap), Materia orgánica (MO), Nitrógeno total (N) y Fósforo extractable (P) detectados en diferentes usos de suelo en acrisoles de la Sabana de Huimanguillo, Tabasco, México.

Uso del suelo	Dap ( $\text{t m}^{-3}$ )	MO (%)	N (%)	P ( $\text{mg kg}^{-1}$ )
Acahual	1.08 <sup>a</sup>	4.10 <sup>b</sup>	0.24 <sup>a</sup>	7.40 <sup>b</sup>
Piña	1.53 <sup>b</sup>	4.06 <sup>ab</sup>	0.22 <sup>a</sup>	7.40 <sup>b</sup>
Yuca	1.73 <sup>b</sup>	3.58 <sup>ab</sup>	0.19 <sup>a</sup>	8.96 <sup>a</sup>
Caña de azúcar	1.82 <sup>b</sup>	3.23 <sup>a</sup>	0.21 <sup>a</sup>	6.22 <sup>c</sup>
Pastizal	1.64 <sup>b</sup>	3.75 <sup>ab</sup>	0.22 <sup>a</sup>	6.84 <sup>bc</sup>

Letras desiguales indican diferencias significativas ( $P<0.05$ ).

Estas diferencias se deben principalmente al manejo agronómico de cada cultivo y a la poca cobertura del suelo, sobre todo entre los surcos de los cultivos. En el caso del pastizal puede deberse al sobrepastoreo que provoca que el suelo este descubierto y sea más propenso a la erosión hídrica (Zavala-Cruz *et al.*, 2014). En el suelo ocupado para cultivo de piña, se esperaría menor grosor en el horizonte A, ya que la anchura de los callejones debería producir mayor erosión (Salgado-García *et al.*, 2010); sin embargo, se observó que con el deshoje que realizan los productores después de la cosecha, para permitir un crecimiento rápido de los vástagos, se crea una especie de cubierta orgánica (*mulch*) que ayuda a disminuir la erosión.

Con respecto a la porosidad (%) de los suelos, el Acahual fue estadísticamente superior a los demás (61.47%  $\pm$ 2.56,  $P < 0.05$ ), mientras que los tratamientos de piña (42.59%  $\pm$ 3.50), pastizal (37.16%  $\pm$ 3.50), yuca (34.90%  $\pm$ 3.50) y caña (31.23%  $\pm$ 3.50) fueron estadísticamente iguales ( $P < 0.05$ ). Esto demuestra que existe una disminución clara de la porosidad del suelo ocasionada por el cambio de uso del suelo y su manejo posterior (Palma-López *et al.*, 2008).

La porosidad total se incrementa debido al efecto de la materia orgánica en el proceso de formación de agregados del suelo lo cual incrementa la agregación y porosidad del mismo (Ramos-Reyes *et al.*, 2016). En el caso de la caña de azúcar el paso de la maquinaria y el riego subfoliar propicia la pérdida de porosidad (Salgado-García *et al.*, 2014).

### Propiedades químicas

Se registraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ,  $CV = 10.2$ ) en el contenido MO, siendo 4.10% en Acahual el más alto y 3.23% en caña de azúcar el más bajo (Cuadro 1). De acuerdo a la NOM-021-REC-NAT-2000 (DOF, 2002), los contenidos de MO en todos los usos se consideran como altos, aunque en suelos ácidos la MO se acumula como humus residual de difícil mineralización (Salgado-García *et al.*, 2017). Las diferencias entre los usos se deben a la actividad y descomposición biológica de la hojarasca del acahual permitiendo un flujo de energía continuo a través de la reincorporación natural al suelo de mayor biomasa (Salgado-García *et al.*, 2014). Esto coincide con Hernández-Jiménez *et al.* (2013) quienes mencionan que la baja disponibilidad de MO contribuye a la pérdida de la estructura del suelo y a su compactación, por lo que los suelos cultivados tienen contenidos más bajos con respecto a suelos con cubierta vegetal natural.

El Nitrógeno total (N) determinado en los Acrisoles en estudio, es considerado alto de acuerdo a la NOM-021-REC-NAT-2000 (Cuadro 1). No se encontraron diferencias significativas entre los valores de N en los distintos tratamientos analizados; sin embargo, los valores disminuyen con el uso ( $P < 0.05$ ,  $CV = 23.95$ ). Esta baja en N en los Acrisoles con uso agropecuario se debe a que los cultivos no reponen al suelo todo el N extraído con la cosecha, contrariamente a los acahuals (Salgado-García *et al.*, 2010). Wright y Hons (2005), señalan que una alta concentración de N total en el suelo corresponde al efecto de acumulación de la MO, que además de estar favorecida por aportes constantes de

biomasa aérea y radical de cultivos y plantaciones, en Acrisoles tiene una baja tasa de mineralización condicionada por la acidez del suelo y baja carga de bacterias.

El contenido de N se relaciona con el contenido de la MO del suelo, dependiendo su suministro de la calidad de los componentes orgánicos (relación C/N), de sus tasas de mineralización y de condiciones ambientales (Quenea *et al.*, 2009; Salgado-García *et al.*, 2014). Por lo anterior, los contenidos de N total no muestran estadísticamente una degradación con el uso del suelo (Cuadro 1). Dado que en el pH del suelo la mayor parte de este N es orgánico, no está disponible para las plantas y los cultivos registran deficiencias de N (Hernández-Jiménez *et al.*, 2013).

Los contenidos de P Olsen en los diferentes usos de los suelos mostraron diferencias significativas (Cuadro 1). El mayor contenido de P Olsen correspondió a los suelos utilizados para el cultivo de yuca, seguido del acahual, piña, pastizal y caña de azúcar. Estos incrementos significativos en los cultivos pueden deberse a los procesos de fertilización de los sistemas de producción y a los ciclos más cerrados de la MO en el acahual. De acuerdo a la NOM-021-REC-NAT-2000 (DOF, 2002), estos suelos se califican con contenidos medios de P extractable. Se ha observado que los suelos con uso agrícola y manejo intensivo incrementan los contenidos de P por la aplicación de fertilizantes fosfatados, pero las concentraciones de nitratos y K se reducen (Geissen *et al.*, 2009). Los contenidos medios de P en el horizonte A están relacionados con los contenidos de MO y al pH del suelo, en la profundidad donde la MO se reduce y los contenidos de

aluminio e hidrógeno intercambiables se incrementan, el P extractable desaparece paulatinamente (Hernández-Jiménez et al., 2013).

Con respecto a las bases intercambiables, se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el contenido de K intercambiable entre los usos de suelo (Cuadro 2). Las medias de los tratamientos de piña y yuca son iguales ( $0.09 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ ), pero inferiores a las medias observadas en los tratamientos acahual, caña y pastizal ( $\geq 0.10 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ ). De acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000 (DOF, 2002), los contenidos de K en suelo son considerados como muy bajos. Los valores más bajos corresponden a los cultivos de la yuca y la piña, que son cultivos potasófilos, lo cual pudiera explicar la menor disponibilidad de K en suelo (Rodríguez et al., 2009; Salgado-García et al., 2010).

El uso del suelo y la pendiente del terreno parecen tener influencia en los contenidos de  $\text{K}^+$  intercambiable en suelo (Quenea et al., 2009; Arnáez et al., 2015), mientras que los contenidos de Ca y Mg intercambiables solo se ven alterados por el uso del suelo. Rodríguez et al. (2009), mencionan que la escorrentía superficial también es un factor que provoca el lavado de cationes en el suelo. Los valores más altos de K en la caña pueden deberse a la fertilización química que recibe la caña la cual contiene una fuerte dosis de potasio (Salgado-García et al., 2014).

En el contenido de Ca en suelo, se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). De acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000 (DOF, 2002), estos suelos son muy bajos (acahual, piña y pastizal) y bajos (yuca y caña de azúcar) en Ca (Cuadro 2). La baja concentración de Ca intercambiable, puede deberse a las interacciones del Ca con los grupos funcionales ( $\text{CO}_2$ , OH, COOH, SH,  $\text{CO}_2\text{H}$ ) de los compuestos húmicos del suelo (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas) (Quenea et al., 2009) y, a que en suelos Acrisoles, la alta capacidad de acidificación generada con alta presencia de iones  $\text{H}^+$  reemplaza al Ca y Mg en la zona de intercambio (Palma-López et al., 2007). Los contenidos más altos de Ca en suelos para cultivo de piña y yuca pueden deberse al uso de fungicidas ricos

en Ca y a aplicaciones de encalado (Salgado-García et al., 2010).

Los contenidos de Mg en los suelos fueron estadísticamente similares ( $p > 0.05$ ), y de acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000 (DOF, 2002), cuando los suelos están sujetos a un rango de  $0.5\text{-}1.3 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$  se clasifican como de bajo contenido (acahual, piña y caña de azúcar), mientras rangos menores a 0.5 son muy bajos (yuca y pastizal) (Cuadro 2). En Acrisoles es común encontrar niveles bajos de Mg debido a la predominancia de pH ácido en el suelo que limita la disponibilidad de bases intercambiables como Mg, K y Ca (Palma-López et al., 2007; Salgado-García et al., 2017).

De acuerdo con la norma NOM-021-RECNAT-2000 (DOF, 2002) el pH de los cinco sitios evaluados, se caracteriza como moderadamente ácido entre 5.25-5.13 (Cuadro 2), presentando diferencias altamente significativas entre los usos del suelo ( $p < 0.01$ ). Los valores de pH

indican que con piña existe menor acidificación del suelo, esto se puede explicar debido a la forma de manejo que se le da al cultivo, donde no se realiza otra práctica más que la reincorporación de la planta al suelo, así como la alta aplicación de fertilizantes y fungicidas de residuo básico (Salgado-

García et al., 2010). Los valores más altos en la caña de azúcar tienen que ver con la práctica de encalado que realizan cada dos años en promedio (Salgado-García et al., 2014).

El decremento del pH puede deberse al efecto de las actividades intensivas de manejo, a la falta de reciclaje de materiales orgánicos y a la poca cobertura del suelo con algunos cultivos (Geissen et al., 2009). Sin embargo, la presencia de valores de pH bajos en el acahual evidencia que el pH en los suelos Acrisoles está influenciado por la fuerte lixiviación de bases que ocurre en estos suelos y a la alta presencia de Al y H intercambiables en los mismos (Palma-López et al., 2007).

## CONCLUSIONES

# En suelos

Acrisoles los sistemas de producción de caña de

**Cuadro 2.** Contenidos promedio de bases intercambiables y pH detectados en diferentes usos de suelo en Acrisoles de la Sabana de Huimanguillo, Tabasco, México.

Uso de suelo	K	Ca	Mg	pH
Acahual	0.10 <sup>ab</sup>	1.77 <sup>c</sup>	0.10 <sup>a</sup>	5.25 <sup>a</sup>
Piña	0.09 <sup>a</sup>	1.89 <sup>c</sup>	0.10 <sup>a</sup>	5.68 <sup>b</sup>
Yuca	0.09 <sup>a</sup>	2.53 <sup>a</sup>	0.04 <sup>a</sup>	5.13 <sup>a</sup>
Caña de azúcar	0.14 <sup>c</sup>	2.23 <sup>b</sup>	0.06 <sup>a</sup>	5.50 <sup>ab</sup>
Pastizal	0.11 <sup>b</sup>	1.96 <sup>c</sup>	0.04 <sup>a</sup>	5.38 <sup>ab</sup>

Letras desiguales indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

azúcar y el pastizal son los cultivos que más se ven de-meritados en sus propiedades físicas y químicas. Los usos de piña y yuca muestran ligera degradación de las propiedades del suelo. Se evidenció que el uso inadecuado del suelo cambia las propiedades químicas y físicas de los suelos ácidos de La Sabana de Huimanguillo, Tabasco, provocando alteraciones en la fertilidad degradando este recurso. En el acahual se evidenció menor degradación del suelo, la conservación de esta vegetación secundaria coadyuva a la conservación de los suelos Acrisoles, permitiendo mantener sus funciones y servicios ecosistémicos.

## LITERATURA CITADA

- Alvarado, A., y Forsythe, W. (2005). Variación de la densidad aparente en órdenes de suelos de Costa Rica. *Agronomía costarricense: Revista de Ciencias Agrícolas* 29(1): 85-94.
- Arnáez, J., Lana-Renault, N., Lasanta, T., Ruiz-Flaño, P., y Castoviejo, J. (2015). Effects of farming terraces on hydrological and geomorphological processes. A review. *Catena* 128: 122-138.
- Caviño, P., Echeverría, H. E., y Redolatti, M. (2002). Diagnóstico de nitrógeno en trigo con antecesor soja bajo siembra directa en el sudeste bonaerense. *Ciencia del Suelo* 20(1): 36-42.
- Castellanos, J.Z., Uvalle-Bueno, J.X., y Aguilar-Santelises, A. (2000). Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. Editorial UACH. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México.
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (2002). NOM-021-RECNAT 2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Cd de México, México.
- Geissen, V., Sánchez-Hernández, R., Kampichler, C., Ramos-Reyes, R., Sepúlveda-Lozada, A., Ochoa-Goana, S., de Jong, B.H.J., Huerta-Lwanga, E., Hernández-Daumas, S. (2009). Effects of land-use change on some properties of tropical soils: an example from Southeast Mexico. *Geoderma* 151(3): 87-97.
- Hernández-Jiménez, A., Cabrera-Rodríguez, A., Borges-Benitez, Y., Vargas-Blandino, D., Bernal-Fundora, A., Morales-Díaz, M., y Ascanio-García, M.O. (2013). Degradación de los suelos ferralíticos rojos Lixiviados y sus indicadores de la Llanura Roja de La Habana. *Cultivos Tropicales* 34(3): 45-51.
- INEGI (2001). Síntesis de información geográfica del estado de Tabasco. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Ciudad de México, México.
- Murillo-De La Rosa, A. (2010). La materia orgánica del suelo en seis agroecosistemas de la sabana de Huimanguillo, Tabasco. Tesis de Maestría en Ciencias Colegio de Postgraduados. Cárdenas, Tabasco. México.
- Palma-López, D.J., Cisneros, D.J., Moreno-Cáliz, E., y Rincón-Ramírez, J.A. (2007). Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco. México.
- Palma-López, D.J., Moreno-Cáliz, E., Rincón-Ramírez, J.A., y Shirma-Torres E.D. (2008). Degradación y conservación de los suelos del estado de Tabasco. Colegio de Postgraduados, CONACYT, CCYTET. Cárdenas, Tabasco. México.
- Palma-López, D.J., Jiménez-Ramírez, R., Zavala-Cruz, J., Bautista-Zúñiga, F., Gavi-Reyes, F., y Palma-Cancino, D.Y. (2017). Actualización de la clasificación de suelos de Tabasco, México. *Agro Productividad* 10(12): 29-35.
- Quenea, K., Lamy, I., Winterton, P., Bermond, A., y Dumat, C. (2009). Interactions between metals and soil organic matter in various particle size fractions of soil contaminated with waste water. *Geoderma* 151(4): 217-223.
- Ramos-Reyes, R., Sánchez-Hernández, R., y Gama-Campillo, L.M. (2016). Análisis de cambio de uso de suelo en el municipio costero de Comalcalco, Tabasco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 3(8): 348-354.
- Rodríguez, G.Z.F., Mármol, C.L.E., Martínez, J., y Montiel, M.M. (2009). Acumulación total y por órganos de macronutrientes en plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) cv. "Tempranita" en la altiplanicie de Maracaibo. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 26: 470-489.
- Salgado-García, S., Palma-López, D.J., Zavala-Cruz, J., Ortiz-García, C. F., Castelán-Estrada, M., Lagunes-Espinoza, L.C., Guerrero-Peña, A., Ortiz-Ceballos, A.I, y Córdova-Sánchez, S. (2010). Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes (SIRDF): en la zona piñera de Huimanguillo, Tabasco. Colegio de Postgraduados, Cárdenas, Tabasco. México.
- Salgado-García, S., Castelán-Estrada, M., Aranda-Ibáñez, E.M., Ortiz-García, C.F., Ortiz-Laurel, H., Lagunes-Espinoza, L.C., Mendoza-Hernández, J.H., Córdova-Sánchez, S. (2014). Validación de dosis generadas por el sistema de fertilización SIRDF para caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). *Agro Productividad* 7(2): 47-54.
- Salgado-García, S., Palma-López, D.J., Zavala-Cruz, J., Ortiz-García, C. F., Lagunes-Espinoza, L.C., Ortiz-Ceballos, A.I, Córdova-Sánchez, S., y Salgado-Velázquez, S. (2017). Los suelos ácidos de la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México. *Agro Productividad* 10(12): 16-21
- Soil Survey Staff. (2003). Keys to soil taxonomy. Department of Agriculture: Natural Resources Conservation Service.
- Wright, A. L., y Hons, F. M. (2005). Soil carbon and nitrogen storage in aggregates from different tillage and crop regimes. *Soil Science Society of America Journal*, 69(1):141-147.
- Zavala-Cruz, J., Salgado García, S., Marín Aguilar, Á., Palma López, D. J., Castelán Estrada, M., y Ramos Reyes, R. (2014). Transecto de suelos en terrazas con plantaciones de cítricos en Tabasco. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 1(2), 123-137.

