

# Chemical degradation on Acrisols under different land-use and slope in the savannah of Huimanguillo, Tabasco, Mexico

## Degradación química en Acrisoles bajo diferentes usos y pendientes en la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México

Tinal-Ortiz, Sofia<sup>1</sup>; Palma-López, David J.<sup>1\*</sup>; Zavala-Cruz, Joel<sup>1</sup>; Salgado-García, Sergio<sup>1</sup>; Palma-Cancino, David J.<sup>2</sup>; Hidalgo-Moreno, Claudia I.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Cárdenas, Tabasco, México, 86500. <sup>2</sup>Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara. Puerto Vallarta, Jalisco, México, 48220. <sup>3</sup>Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Edo. De México, México, 56230.

\*Autor para correspondencia: dapalma@colpos.mx

### ABSTRACT

**Objective:** to evaluate the chemical soil degradation caused by nutrients lost in Acrisols from the Savannah of Huimanguillo, Tabasco, Mexico.

**Design/methodology/approach:** The effect of two factors, land use and slope relief, were study. Properties evaluated were soil organic matter (SOM), total nitrogen (Nt), available phosphorus (P), Cation Exchange Capacity (CEC), and exchangeable cations (K, Ca, Mg, Na).

**Results:** The content of SOM were considerate rich to very rich, and did not showed any significant differences between factors. Nt was statistically high, and K was statistically low. P, CEC, Ca, Mg and Na showed statistically differences and lower contents.

**Limitations of study/implications:** Soil degradation is a global problem, therefore the necessity of studies to understand the effect of land use over soil fertility and land chemical conditions.

**Findings/conclusions:** The results indicate presence of chemical degradation in Acrisols, mostly by effect of land use and suggest the necessity of conservation strategies.

**Key words:** soil chemical degradation, acid soils, nutrients lost, soil fertility, cation exchange capacity.

### RESUMEN

**Objetivo:** evaluar la degradación química del suelo por pérdida de nutrientes en Acrisoles de la Sabana de Huimanguillo, Tabasco, México.

**Diseño/ Metodología/ Aproximación:** se estudió el efecto de dos factores, los usos del suelo y las pendientes del relieve. Las propiedades evaluadas fueron materia orgánica del suelo (MOS), nitrógeno total (Nt), fósforo extraíble (P), Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), y bases intercambiables (K, Ca, Mg, Na).

**Resultados:** los contenidos de MOS son considerados de ricos a muy ricos, sin diferencias significativas entre factores. El Nt fue alto y el K intercambiable bajo, mostrando diferencias significativas. El P, CIC, Ca, Mg y Na mostraron diferencias significativas y contenidos bajos.

**Agroproductividad:** Vol. 13, Núm. 2, febrero. 2020. pp: 69-75.

**Recibido:** julio, 2019. **Aceptado:** enero, 2020.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** la degradación del suelo constituye un problema global, es necesario estudiar el efecto que tiene el uso del suelo sobre la fertilidad y condiciones químicas de la tierra.

**Hallazgos/conclusiones:** los resultados muestran la existencia de degradación química en Acrisoles del área de estudio principalmente por efecto del uso del suelo, sugiriendo la necesidad de estrategias de conservación.

**Palabras clave:** degradación química del suelo, suelos ácidos, pérdida de nutrientes, fertilidad del suelo, capacidad de intercambio catiónico

## INTRODUCCIÓN

Una de las perturbaciones antropogénicas más importantes que pueden inducir cambios en las propiedades de los suelos, así como reducir la productividad de los cultivos es el uso al que los destinamos, llegando a generar en casos más graves la degradación de la tierra, considerada como un problema complejo importante a nivel mundial (Bajocco *et al.*, 2012). En México, la degradación del suelo ha afectado cerca del 50% de la superficie del país (Ortiz-Solorio *et al.*, 2011). El estado de Tabasco, México, es una de las tres entidades con mayor superficie afectada, con 70% de sus suelos degradados, principalmente por efectos químicos causados por actividades agrícolas (Palma-López *et al.*, 2008; Ortiz-Solorio *et al.*, 2011). En la sabana de Huimanguillo, los principales usos del suelo son la citricultura (*Citrus* sp.), cultivo de la piña (*Ananas comosus* L. Merrill) y pastizal (Poaceae) cultivado; los cuales requieren altas tasas de fertilización y manejo intensivo (Salgado-García *et al.*, 2010). El manejo intensivo del suelo agrícola afecta las propiedades químicas, incrementando la acidificación y cambiando la composición de carbono orgánico del suelo (Tian *et al.*, 2012; Salgado-García *et al.*, 2017). En suelos tropicales ácidos, otras propiedades químicas como la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), el pH, el aluminio intercambiable y la relación C/N son afectados por labranza, manejo de residuos y enmiendas orgánicas e inorgánicas (Lienhard *et al.*, 2013). Los procesos de degradación del suelo no solo están relacionados con el uso del suelo y cambios de la cobertura vegetal, también se asocian a factores geomorfológicos como la topografía (Blanco-Sepulveda y Nieuwenhuyse, 2011).

La sabana de Huimanguillo, es un terreno ligeramente ondulado, caracterizado por una repetición sistemática de lomeríos de baja altitud, entre 10 y 60 m, constituida por una antigua terraza costera de origen fluvial, de ligera a moderadamente erosionada (Zavala-Cruz *et al.*, 2014). Las corrientes erosivas han formado suelos con una mezcla de minerales que fueron arrastrados por los procesos erosivos y se fueron intemperizando para dar origen a suelos con altos contenidos de arena y ricos en aluminio y hierro (Palma-López *et al.*, 2017). Actualmente los suelos de esta sabana son frágiles a la erosión por las pendientes dominantes de 1 a 10% en los lomeríos (Salgado-García *et al.*, 2017), y el manejo inadecuado puede ocasionar degradación química por pérdida de nutrimentos, el cual es considerado como un indicador de la degradación del suelo (Sánchez-Hernández *et al.*, 2013). El objetivo de este estudio fue analizar los cambios de las propiedades químicas en suelos suje-

tos a cuatro diferentes usos y tres niveles de pendientes, con la finalidad de evaluar la degradación química por pérdida de nutrientes en Acrisoles de la sabana de Huimanguillo, Tabasco.

## MATERIALES Y MÉTODO

La sabana de Huimanguillo se encuentra en el suroeste del estado de Tabasco (Figura 1), entre las coordenadas 17° 34' y 17° 56' N, y 93° 25' y 93° 57' O, en una superficie aproximada de 142,103 ha (Salgado-García *et al.*, 2010). En el área predominan al sur un clima cálido húmedo con lluvias todo el año Af (m) con una temperatura media anual de 24 a 26 °C, y en el centro y norte un clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano Am (f) con temperatura media anual de 26 a 28 °C y precipitación total anual de 2000 a 3000 mm (Salgado-García *et al.*, 2010). Los suelos que se han identificado en los lomeríos convexos en su mayoría son Acrisoles, que se caracterizan por la acumulación de arcillas de baja actividad en un horizonte sub superficial árgico, con altas cantidades de hierro (Fe) y aluminio (Al), y deficiencias de fósforo debido a procesos de fijación por Fe y Al (Zavala-Cruz *et al.*, 2014).

Se establecieron parcelas de muestreo en la unidad de suelo Acrisol Úmbrico Cutánico, la cual es la más representativa de acuerdo con el mapa de suelos de la sabana de Huimanguillo, Tabasco (Salgado-García *et al.*, 2017). Dentro de esta unidad de suelo se ubicaron tres niveles de pendientes del terreno (0-3%, 3-6% y 10-20%) con cuatro usos diferentes: acahual (A) como la comunidad vegetal con los menores riesgos de degradación, con antecedentes de al menos 30 años en el área de estudio; pastizales con dominancia de

*Brachiaria humidicola* y pastos nativos (Pa); cultivo de piña (con aplicación de fertilizantes) con edades de establecimiento entre 6 a 15 años (Pi); y plantaciones de limón persa (*Citrus x latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez) (con aplicación de fertilizantes) con edades entre 15 y 23 años (LP). El uso de suelo anterior de los cultivos piña y limón consistía en acahuales y pastizal natural o de vegetación de sabana (Salgado-García et al., 2010).

En cada pendiente se ubicaron cuatro repeticiones de cada uso del suelo, lo que resultó en 48 parcelas de muestreo. En cada parcela se obtuvieron muestras compuestas realizando 10 sub muestreos en zig-zag del horizonte A del suelo. Las muestras fueron secadas al aire y a la sombra para su posterior molido y tamizaje con malla de 2 mm.

Las muestras de suelos fueron analizadas en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas (LASPA) del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, de acuerdo a los lineamientos de la normatividad mexicana (SEMARNAT, 2002), determinando la materia orgánica en suelo (MOS) a través del contenido de carbono orgánico con el método Walkley y Black; nitrógeno total (Nt) mediante Macro-Kjeldahl; fósforo extractable (P) por el

procedimiento Olsen; Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y bases intercambiables (K, Ca, Mg, Na) utilizando acetato de amonio 1.0 N y pH 7.0, como solución saturante.

Para examinar los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza para un diseño factorial con dos fuentes de variación: pendientes con tres niveles y usos del suelo con cuatro niveles. Se llevó a cabo una prueba de medias de Tukey para estimar diferencias significativas entre los usos de suelo y pendientes a nivel de significancia  $p < 0.05$ . Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico Statistical Analysis Software® 9.22 (SAS Institute, Estados Unidos).

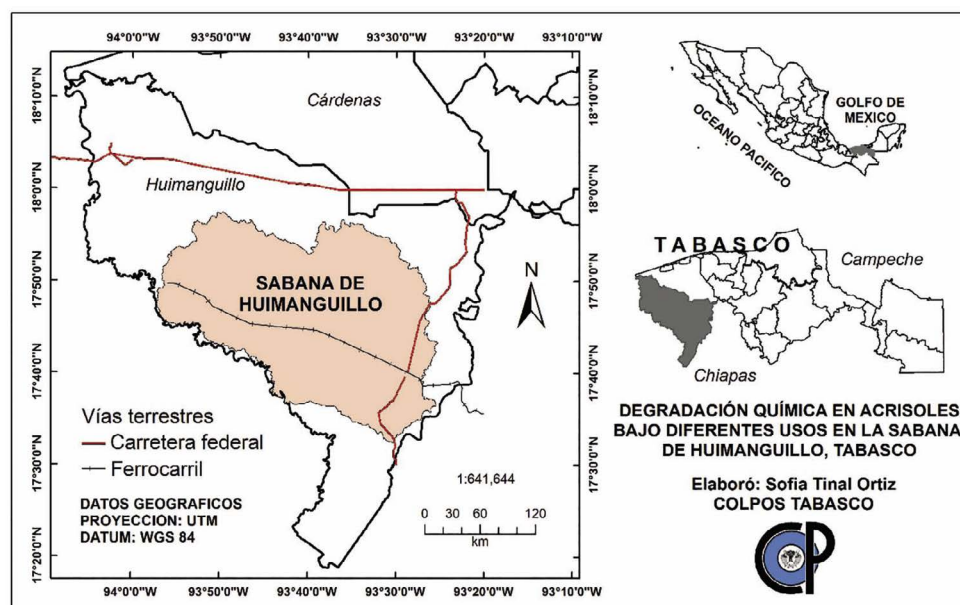


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio.

**Cuadro 1.** Materia orgánica (MO, %) en diferentes usos y pendientes en la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México.

Uso del suelo	Pendiente (%)			Medias de uso
	0-3	3-6	10-20	
Pastizal	6.33a	6.76a	6.6a	6.56a
Piña	5.7a	6.15a	5.04a	5.63a
Limón	6.28a	6.74a	8.77a	7.26a
Acahual	6.69a	7.85a	8.79a	7.77a
Medias de la pendiente	6.25a	6.87a	7.30a	
CV (%):	28.91			
Prob. De F para:				
Pendiente (P)	0.328NS			
Uso del suelo (U)	0.061NS			
Interacción (P*U)	0.633NS			

NS=No hay diferencias significativas; las medias dentro de hileras o columnas que comparten la misma literal no son significativamente diferentes. Tukey a  $p \leq 0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de MOS varió entre 5.04 y 8.79%, el análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas entre los diferentes usos y pendientes en la sabana de Huimanguillo (Cuadro 1). Sin embargo, los contenidos de MOS son de ricos a muy ricos.

Geissen y Guzman (2006) obtuvieron resultados similares al no encontrar diferencias entre sucesiones forestales y pastizales (valores medios de MOS 3.9- 5.8%), esto pudo deberse a la gran cantidad de hojarasca y raíces muertas que entran en el sistema, la variabilidad natural existente, o la influencia

del estiércol depositado por el ganado en el caso de pastizales (Blanco-Sepulveda y Nieuwenhuys, 2011). En tierras altas con pendientes de 8-10% Alejo-Santiago *et al.* (2012) mencionan, que los suelos cultivados presentan menor concentración de MOS (3.2%) con respecto a los suelos no cultivados (4.5%), debido a que las prácticas de labranza no consideran la incorporación de residuos orgánicos que repongan la materia orgánica que se mineraliza de forma natural. Hernández-Jiménez *et al.* (2013) aseguran que los contenidos de MOS en suelos cultivados son más bajos con respecto a suelos bajo arboleda de bosques, ya que, el cultivo agrícola intensivo oxida la MOS, lo que provoca la ruptura de micro-agregados, destruyendo la estructura original y con ello se incrementa la compactación del suelo.

El contenido de nitrógeno total (Nt) en los diferentes usos del suelo y pendientes de relieves presentó contenidos entre 0.18 y 0.32 % (Cuadro 2). La prueba de medias muestra que los suelos bajo uso de acahual y piña son significativamente diferentes, los suelos bajo el acahual presentan contenidos promedios de Nt de 0.29% en comparación con los demás usos, debido a la conservación y diversidad vegetal del acahual. Los suelos con cultivos de piña, limón y pastizal tienen contenidos entre 0.25 y 0.26%, considerados como muy altos (SEMARNAT, 2002).

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Lienhard *et al.* (2013), quienes encontraron que los contenidos de Nt en suelos ácidos son altos en sistemas de cultivos con rotación y manejo de residuos (0.21-0.25%), debido a la aportación de los rastrojos y hojarasca; sin embargo, los contenidos altos de Nt pueden ocasionar acidificación del suelo. En pendientes de 0-3% los contenidos promedio de Nt son altos (0.23%), mientras que en pendientes de 3-6% (0.26% Nt) y 10-25% (0.28% Nt), los contenidos son considerados como muy altos (SEMARNAT, 2002). Así mismo, la alta acumulación de Nt también puede estar influenciada por la temperatura, facilitando la mineralización y acelerando la acumulación de N en el suelo (Zhang *et al.*, 2013).

**Cuadro 2.** Nitrógeno total (Nt, %) en diferentes usos y pendientes en la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México.

Uso del suelo	Pendiente (%)			Medias de uso
	0-3	3-6	10-20	
Pastizal	0.22ab	0.28ab	0.25ab	0.25ab
Piña	0.18 b	0.21ab	0.25ab	0.25b
Limón	0.26ab	0.24ab	0.29ab	0.26ab
Acahual	0.24ab	0.30ab	0.32a	0.29a
Medias de la pendiente	0.23b	0.26ab	0.28a	
CV (%):	19.8			
Prob. De F para:				
Pendiente (P)	0.028*			
Uso del suelo (U)	0.008*			
Interacción (P*U)	0.614NS			

\*=Significativamente diferente; NS=no hay diferencias significativas; medias dentro de hileras o columnas que comparten la misma literal no son significativamente diferentes. Tukey a  $p \leq 0.05$ .

Los contenidos de P en el suelo con diferentes pendientes son similares; sin embargo, bajo diferentes usos se observan diferencias significativas (Cuadro 3). Los contenidos de P más altos corresponden a los suelos bajo cultivo de piña con valor medio de 8.44 mg kg<sup>-1</sup>, considerado como contenidos medios.

El coeficiente de variación de esta variable se considera muy alto (190.56%), lo cual confirma la gran variabilidad de este elemento en el suelo (Acevedo *et al.*, 2008). Coincidiendo con los resultados de Salgado-García *et al.* (2010), quienes clasifican los contenidos de P como medios en Acrisoles Úmbricos Cutánicos presentando gran variabilidad, lo que evidencia que estas plantaciones han

**Cuadro 3.** Fosforo extraíble (P, mg kg<sup>-1</sup>) en diferentes usos y pendientes en la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México.

Uso del suelo	Pendiente (%)			Medias de uso
	0-3	3-6	10-20	
Pastizal	0.00b	0.00b	0.10b	0.03b
Piña	6.00ab	0.35ab	13.46a	8.44a
Limón	0.42b	2.16ab	2.30ab	1.63b
Acahual	0.03b	0.07b	0.07b	0.05b
Media de la pendiente	1.766a	1.87a	3.987a	
CV (%):	190.56			
Prob. De F para:				
Pendiente (P)	0.35NS			
Uso del suelo (U)	0.003*			
Interacción (D*U)	0.57NS			

\*=Significativamente diferente; NS=no hay diferencias significativas; medias dentro de hileras o columnas que comparten la misma literal no son significativamente diferentes. Tukey a  $p \leq 0.05$ .



recibido fertilizantes fosfatados. Estos datos concuerdan con otros estudios, en los cuales mencionan que los suelos bajo uso agrícola por el manejo intensivo incrementan los contenidos de P por la aplicación de fertilizantes fosfatados para cultivar el suelo, pero las concentraciones de nitratos y K se reducen (Lienhard et al. 2013). Sin embargo, los suelos bajo cultivo de limón mostraron valores medios de  $1.63 \text{ mg kg}^{-1}$ , seguidos por acahual  $0.05 \text{ mg kg}^{-1}$  y pastizal  $0.03 \text{ mg kg}^{-1}$ , todos ellos considerados como contenidos muy bajos (SEMARNAT, 2002). No obstante, Liao et al. (2007) mencionan que diferentes valores de pH y las fuentes de material parental determinan la distribución espacial de los contenidos de P, siendo bajos en suelos con pH ligeramente ácido, desarrollados en parte por rocas volcánicas ácidas, y relativamente abundante en P en áreas ligeramente alcalinas, con fuentes de material parental relacionados con sedimentos ricos en carbonatos.

La CIC no difiere significativamente en suelos sujetos a diferentes usos y pendientes, y a la interacción entre estos dos factores evaluados (Cuadro 4). Los contenidos de CIC se encuentran entre  $8.31$  y  $13.78 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ . Nuestros resultados concuerdan con Salgado-García et al. (2010) en suelos cultivados con piña; indicando que los suelos son de baja fertilidad y con presencia de arcillas tipo Caolinita 1:1. Esto difiere con Lienhard et al. (2013), quienes mencionan que la CIC debe incrementarse cuando los suelos se encuentran bajo sistemas de cultivo que son favorecidos por la utilización de fertilizantes inorgánicos (CaO) en el suelo. Sin embargo, los Acrisoles estudiados presentaron menor CIC y son considerados como suelos de baja fertilidad según la norma mexicana (SEMARNAT, 2002).

Los resultados indicaron que los contenidos de los cationes potasio ( $\text{K}^+$ ), calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ) y sodio ( $\text{Na}^+$ ) son muy bajos (Cuadro 5). Los contenidos medios de K en el suelo son diferentes significativa-

**Cuadro 4.** CIC ( $\text{cmol (+) kg}^{-1}$  de suelo) en diferentes usos y pendientes en la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México.

Uso del suelo	Pendiente (%)			Medias de uso
	0-3	3-6	10-20	
Pastizal	9.68a	9.68a	9.93a	9.76a
Piña	10.42a	10.05a	8.31a	9.59a
Limón	12.41a	9.92a	13.78a	12.04a
Acahual	10.8a	10.92a	11.79a	11.17a
Medias de la pendiente	10.83a	10.14a	10.95a	
CV (%):	27.69			
Prob. de F para:				
Pendiente (P)	0.708NS			
Uso del suelo (U)	0.708NS			
Interacción (P*U)	0.641NS			

NS=no hay diferencias significativas; medias dentro de hileras o columnas que comparten la misma literal no son significativamente diferentes. Tukey a  $p \leq 0.05$ .

mente entre los usos de suelo y pendientes; por usos del suelo se observan contenidos de  $\text{K}^+$  entre  $0.001$  y  $0.068 \text{ cmol kg}^{-1}$ , y de acuerdo a la pendiente los contenidos varían de  $0$  a  $0.07 \text{ cmol kg}^{-1}$ , considerados como muy bajos (SEMARNAT, 2002). Sin embargo, el elevado coeficiente de variación (195.82%) confirma la gran variabilidad en el contenido de este elemento en el suelo (Acevedo et al., 2008). Los contenidos bajos de estos cationes básicos en Acrisoles se debe principalmente a la lixiviación por efecto del ambiente húmedo y al avanzado grado de meteorización. Zavala-Cruz et al. (2014), concuerda con los resultados obtenidos, mencionando que los Acrisoles de la Sabana de Huimanguillo son

**Cuadro 5.** Bases intercambiables en diferentes usos y pendientes en la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México.

Uso del suelo		$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{+2}$	$\text{Mg}^{+2}$	$\text{Na}^+$
		$\text{Cmol kg}^{-1}$ de suelo			
Pastizal		0.068a	2.02ab	0.61a	0.10a
Piña		0.028ab	1.12b	0.32b	0.06b
Limón		0.002b	2.32a	0.57ab	0.07b
Acahual		0.001b	2.25a	0.75a	0.08ab
Media de la pendiente	0-3 %	0.000b	1.51a	0.52a	0.076a
	3-6 %	0.003b	2.20a	0.57a	0.078a
	10-20 %	0.071a	2.07a	0.60a	0.08a
CV (%):		195.82	49.57	40.93	26.82
Prob. de F para:					
Pendiente (P)		0.0002*	0.108NS	0.65NS	0.91 NS
Uso del suelo (U)		0.0063*	0.015*	0.0008*	0.0007 *
Interacción (D*U)		0.0015*	0.368NS	0.1551NS	0.102 NS

\*=Significativamente diferente; NS=no hay diferencias significativas; medias dentro de hileras o columnas que comparten la misma literal no son significativamente diferentes. Tukey a  $p \leq 0.05$ .

muy pobres en las bases intercambiables  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  y  $\text{Na}^+$ .

Los contenidos de  $\text{Ca}^{+2}$  difieren con los diferentes usos de suelo, pero bajo las tres pendientes evaluadas no presentan diferencias significativas. En suelos cultivados con limón, pastizal y acahual los contenidos son estadísticamente iguales, con contenidos de 2.25, 2.02 y 2.32  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$  de suelo respectivamente, considerados como bajos por la norma oficial mexicana (SEMARNAT, 2002). Los suelos sujetos a cultivo de piña presentaron los contenidos más bajos y fueron significativamente diferentes a los demás con contenido de 1.12  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$  de suelo, considerado como muy bajo (SEMARNAT, 2002).

Los contenidos de Mg intercambiable son significativamente diferentes por usos de suelos. En pastizal, limón y acahual estadísticamente son iguales con valores medios entre 0.57 y 0.75  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$  de suelo. Los sitios con cultivo de piña muestran los contenidos medios más bajos de 0.32  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$  de suelo, al igual que en el caso del  $\text{Ca}^{+2}$ . En todos los casos los contenidos de Mg intercambiable son considerados como muy bajos (SEMARNAT, 2002).

Los contenidos de Na intercambiable son altamente significativos bajo diferentes usos de suelos. Suelos con cultivos de piña y limón estadísticamente son iguales, con valores medios de 0.06 a 0.07  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$  de suelo, seguidos por los contenidos en acahual. Los contenidos de Na encontrados en pastizal fueron los más elevados con promedio de 0.10  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$  de suelo.

El uso del suelo y la pendiente del terreno parecen tener influencia en los contenidos de K intercambiable en el suelo, mientras que los contenidos de Ca, Mg y Na intercambiables solo se ven alterados por el uso del suelo. Bravo-Espinoza *et al.* (2009) mencionan que la escorrentía superficial también es un factor que provoca el lavado de cationes en el suelo, señal de la baja retención de cationes en Acrisoles y una causa de un pH bajo de estos suelos ya ácidos.

En los Acrisoles estudiados el cultivo de la piña es el uso más demandante en  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$  con respecto al uso por Acahual, considerado el uso con menos riesgo de degradación. De acuerdo a Virto *et al.* (2015), existe mayor pérdida de nutrientes por eliminación del cultivo que el perdido por erosión en pendientes por efecto de

la escorrentía, lo cual resulta en la degradación del suelo a pesar que el cultivo es tolerante a suelos ácidos.

No obstante, el uso del suelo afecta la fertilidad del suelo, teniendo un efecto en la degradación química del recurso, y esto dependerá del uso, el manejo, los factores relacionados con el ambiente y propiedades mineralógicas del suelo (Arnaez *et al.*, 2015; Bravo-Espinoza *et al.*, 2009).

## CONCLUSIONES

El Nt es afectado por el uso del suelo, manteniéndose el acahual mejor conservado por la diversidad vegetal. En relación a la pendiente del relieve, los contenidos de Nt más elevados se encuentran en pendientes de 10-25% relacionándolos con las altas precipitaciones en estas pendientes, que actúan como donadores, conduciendo a la saturación de humedad disminuyendo la mineralización de N de las zonas más bajas. El uso del suelo y la pendiente del terreno tienen influencia en los contenidos de K intercambiable en el suelo, por la alta precipitación y la presencia de arcillas caolinitas 1:1 de baja actividad, que provoca el lavado de cationes principalmente  $\text{K}^+$ . Mientras que los contenidos de  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^+$  en los usos limón y pastizal son similares a los de acahual, a diferencia de los contenidos en piña. El pH de suelos cultivados con piña en comparación con acahual presenta mayor grado de acidez. El uso de suelo cultivado con piña incrementa el gradiente de degradación del Nt y bases intercambiables y aumenta la acidez del suelo en comparación con el uso acahual, atribuyendo la degradación a la alta demanda de nutrientes que requiere el cultivo para su óptimo desarrollo y crecimiento.

## LITERATURA CITADA

- Acevedo, D.C.; Álvarez-Sánchez, M.E.; Hernández-Acosta, E.; Maldonado-Torres, R.; Pérez-Grajales, M.; Castro-Brindis, R. (2008). Variabilidad espacial de propiedades químicas del suelo y su uso en el diseño de experimentos. *Terra Latinoamericana* 26(4): 317-324.
- Alejo-Santiago, G.; Salazar-Jara, F.; García-Paredes, J.; Arrieta-Ramos, B.; Jiménez-Meza, V.; Sanchez-Monteon, A. (2012). Physical and chemical degradation of agricultural soils at San Pedro Lagunillas, Nayarit. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 15: 323-328.
- Arnaez, J.; Lana-Renault, N.; Lasanta, T.; Ruiz-Flano, P.; Castroviejo, J. (2015). Effects of farming terraces on hydrological and geomorphological processes: a review. *Catena* 128: 122-134.
- Bajocco, S.; De Angelis, A.; Perini, L.; Ferrara, A.; Salvati, L.; (2012). The Impact of land use/land cover changes on land degradation

- dynamics: A Mediterranean case study. *Environmental Management* 49(5): 980-989.
- Blanco-Sepulveda, R.; y Nieuwenhuys, A. (2011). Influence of topographic and edaphic factors on vulnerability to soil degradation due to cattle grazing in humid tropical mountains in northern Honduras. *Catena* 86(2): 130-137.
- Bravo-Espinosa, M.; Mendoza, M. E.; Medina-Orozco, L.; Prat, C.; García-Oliva, F.; López-Granados, E. (2009). Runoff, soil loss, and nutrient depletion under traditional and alternative cropping systems in the transmexican volcanic belt, Central Mexico. *Land Degradation & Development* 20(6): 640-653.
- Geissen, V.; y Guzman, G.M. (2006). Fertility of tropical soils under different land use systems: a case study of soils in Tabasco, Mexico. *Applied Soil Ecology* 31: 169-178.
- Hernández-Jiménez, A.; Cabrera-Rodríguez, A.; Borges-Benítez, Y.; Vargas-Blandino, D.; Bernal-Fundora, A.; Morales-Díaz, M.; Ascanio-García, M.O. (2013). Degradación de los suelos ferralíticos rojos lixiviados y sus indicadores de la Llanura Roja de La Habana Valley, Havana. *Cultivos Tropicales* 34(3): 45-51.
- Liao, Q.L.; Evans, L.J.; Gu, X.; Fan, D.; Jin, Y.; Wang, H. (2007). A regional geochemical survey of soils in Jiangsu Province, China: Preliminary assessment of soil fertility and soil contamination. *Geoderma* 142(1-2): 18-28.
- Lienhard, P.; Tivet, F.; Chabanne, A.; Dequiedt, S.; Lelievre, M.; Sayphoummie, S.; Leudphanane, B.; Prévost-Bouré, N.C.; Séguy, L.; Maron, P.A.; Ranjard, L. (2013). No-till and cover crops shift soil microbial abundance and diversity in Laos tropical grasslands. *Agronomy for Sustainable Development* 33(2): 375-384.
- Ortiz-Solorio, C.A.; Gutiérrez, C.M.; Sánchez-Guzmán, P.; Gutiérrez-Castorena, E. (2011). Cartografía de la degradación de suelos en la República Mexicana: evolución y perspectivas. En: Krasilnikov P.; Jiménez-Nava F.J.; Reyna-Trujillo T.; García-Calderón N.E. (eds.) *Geografía de suelos de México*. México, UNAM: 173-207.
- Palma-López, D.J.; Moreno, C.E.; Rincón-Ramírez, J.A.; Shirma-Torres, E.D. (2008). Degradación y conservación de los suelos de Tabasco. Colegio de Postgraduados CONACYT, CCYTET. Villahermosa, México. 74 pp.
- Palma-López, D.J.; Jiménez-Ramírez, R.; Zavala-Cruz, J.; Bautista-Zúñiga, F.; Gavi, R.F.; Palma-Cancino, D.Y. (2017). Actualización de la clasificación de suelos de Tabasco, México. *Agro Productividad* 10(12): 29-35.
- 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.; Córdova-Sánchez, S. (2010). Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes (SIRDF): en la zona piñera de Huimanguillo, Tabasco, México. Colegio de Postgraduados, Texcoco, México. 81 pp.
- 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.; Salgado-Velázquez, S. (2017). Los suelos ácidos de la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México. *Agro Productividad* 10(12): 16-21.
- Sánchez-Hernández, R.; Mendoza-Palacios, J.D.; De la Cruz, R.J.C.; Mendoza, M.J.E.; Ramos-Reyes, R. (2013). Mapa de erosión potencial en la cuenca hidrológica Grijalva-Usumacinta México mediante el uso de SIG. *Universidad y Ciencia* 29: 153-161
- SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2002). Norma Oficial Mexicana que establece las Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de Suelos. Estudios, muestreos y análisis (NOM-021-RECNAT-2000). Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México, México. 73 pp.
- Tian, J.; Fan, M.; Guo, J.; Marschner, P.; Li, X.; Kuzyakov, Y. (2012). Effects of land use intensity on dissolved organic carbon properties and microbial community structure. *European Journal of Soil Biology* 52: 67-72.
- Virto, I.; Jose-Imaz, M.; Fernández-Ugalde, O.; Gartzia-Bengoetxea, N.; Enrique, A.; Bescansa, P. (2015). Soil degradation and soil quality in Western Europe: Current situation and future perspectives. *Sustainability* 7(1): 313-365.
- Zavala-Cruz, J.; Salgado-García, S.; Marín-Aguilar, Á.; Palma-López, D.J.; Castelán-Estrada, M.; Ramos-Reyes, R. (2014). Transecto de suelos en terrazas con plantaciones de cítricos en Tabasco. *Ecosistemas y recursos agropecuarios* 1(2): 123-137.
- Zhang, M.; Schaefer, D.A.; Chan, O.C.; Zou, X. (2013). Decomposition differences of labile carbon from litter to soil in a tropical rain forest and rubber plantation of Xishuangbanna, southwest China. *European Journal of Soil Biology* 55: 55-61.