

# CLASIFICACIÓN Y CARTOGRAFÍA DE SUELOS DEL ESTADO DE CAMPECHE, MÉXICO

CLASSIFICATION AND CARTOGRAPHY OF SOILS IN THE STATE OF CAMPECHE, MEXICO

Palma-López, D.J.<sup>1</sup>; Zavala-Cruz, J.<sup>1\*</sup>; Bautista-Zúñiga, F.<sup>2</sup>; Morales-Garduza, M.A.<sup>1</sup>; López-Castañeda, A.<sup>3</sup>; Shirma-Torres, E.D.<sup>1</sup>; Sánchez-Hernández, R.<sup>4</sup>; Peña-Peña, A.J.<sup>1</sup>; Tinal-Ortiz, S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Cárdenas, Tabasco. México. <sup>2</sup>Centro de Investigación en Geografía Ambiental (CIGA) Morelia, Michoacán. México. <sup>3</sup>Universidad Popular de la Chontalpa. Cárdenas, Tabasco. México. <sup>4</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Agropecuarias.

\*Autor de correspondencia: zavala\_cruz@colpos.mx

## RESUMEN

Se realizó un estudio de suelos en Campeche, México, utilizando como base la cartografía de paisajes geomorfológicos y relieves. El objetivo fue clasificar los tipos de suelos y determinar las superficies ocupadas por medio de cartografía. Para ello se realizaron 115 perfiles edafológicos distribuidos en diferentes relieves y se clasificaron a nivel de unidades de suelos de acuerdo a la Base Referencial Mundial del Recurso (WRB) versión 2007. Los suelos del estado de Campeche se clasifican en los siguientes grupos: Leptosoles (48.05%), Gleysoles (16.56%), Nitisoles (8.49%), Vertisoles (6.93%), Luvisoles (6.26%), Stagnosoles (2.71%), Histosoles (1.93%), Solonchaks (1.83%), Calcisoles (0.97%), Cambisoles (0.71%), Phaeozems (0.69%), Arenosoles (0.52%), Fluvisoles (0.35%) y Regosoles (0.23%); de estos se derivan 45 unidades de suelos representadas en cartografía a escala 1:250 000.

**Palabras clave:** suelos tropicales, levantamiento de suelos, karst.

## ABSTRACT

A study was carried out of soils in Campeche, México, using as a base the cartography of geomorphologic landscapes and reliefs. The objective was to classify the types of soils and to determine the surfaces occupied through cartography. For that purpose, 115 soil profiles distributed into different reliefs were classified at the level of soil units according to the World Reference Base (WRB) version 2007. The soils from the state of Campeche are classified into the following groups: Leptosols (48.05%), Gleysols (16.56%), Nitisols (8.49%), Vertisols (6.93%), Luvisols (6.26%), Stagnosols (2.71%), Histosols (1.93%), Solonchaks (1.83%), Calcisols (0.97%), Cambisols (0.71%), Phaeozems (0.69%), Arenosols (0.52%), Fluvisols (0.35%) and Regosols (0.23%); and from these, 45 soil units are represented in cartography at a scale of 1:250 000.

**Keywords:** tropical soils, soil survey, karst.

## INTRODUCCIÓN

**El propósito** de los estudios de suelos es obtener predicciones, sobre usos específicos de las tierras. Para ello es necesario determinar el patrón de distribución de suelos dividiendo la superficie del terreno en unidades relativamente homogéneas, cartografiar dichas unidades y caracterizar sus propiedades a modo de inferir su potencial productivo, además de evaluar las respuestas de las mismas ante diferentes alternativas de manejo.

En este sentido Porta *et al.* (2013), mencionan que es vital conocer las características del suelo ya que de la capacidad de este recurso dependen la vida y los medios de vida para la producción de alimentos para la sociedad. Buol *et al.* (1995), indican que el uso del recurso suelo se debe basar en su capacidad de proporcionar elementos esenciales, pues éstos son finitos y limitan, por ende, la productividad. A pesar de ello, el suelo no ha recibido de la sociedad la atención que merece (Bautista *et al.*, 2004). Su degradación es una seria amenaza para el futuro de la humanidad, y su mal manejo se debe principalmente al desconocimiento y falta de atención en cuanto a sus características y fragilidades (PNUMA, 2002). En la actualidad existe la necesidad de aumentar los sistemas productivos derivados del campo del estado de Campeche, México, para lo cual, es necesario partir de los estudios de suelo, en los cuales se identifiquen los principales grupos y unidades de suelos, así como describir sus características. Con base en lo anterior, se clasificaron los tipos de suelos de Campeche, México, hasta el segundo nivel (unidades) por medio de la WRB y determinaron las superficies ocupadas por medio de cartografía a escala 1:250 000, usando el enfoque geopedológico (Zinck, 2012).

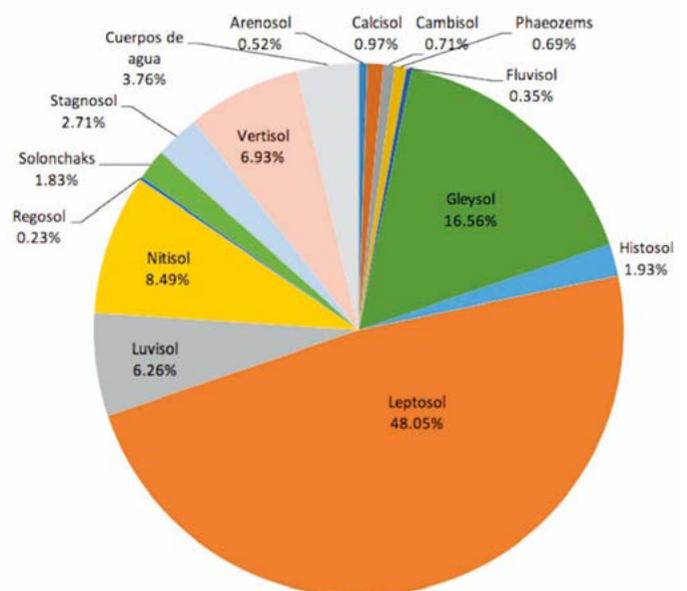
## MATERIALES Y MÉTODOS

El estado de Campeche, México, tiene una extensión territorial de 57924 km<sup>2</sup>, representa 2.9% de la superficie del país, cuenta con 425 km de litorales costeros. Se localiza en el sureste formando parte de la península de Yucatán, con una altitud media de 10 m (17° 48' y 20° 52' N y 89° 06' y 92° 27' O), presenta tres tipos de clima Aw (92% del territorio), Am (7.99%) y BS (0.01%) (INEGI 2015). Se recopiló la información cartográfica y bibliográfica sobre los suelos y ambientes geomorfológicos, y se generó una cartografía a escala 1: 250 000 con base en la identificación de regiones fisiográficas (Lugo y Córdova, 1992), sistemas terrestres, paisajes geomorfológicos (Bautista *et al.*, 2005) y relieves (Zinck, 2012). Sobre este mapa se

ubicaron 115 perfiles edafológicos tomando en cuenta la variabilidad del tipo de relieve y accesibilidad del área, y fueron descritas de acuerdo al manual de Cuauhtémoc (1990). Se realizaron análisis químicos y físicos de las muestras de cada horizonte de los suelos con base en las especificaciones técnicas de análisis de clasificación de suelos que marca la Norma Oficial Mexicana NOM-021RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2002), la cual considera al pH, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), nitrógeno total (N), fósforo asimilable (P), potasio (K<sup>+</sup>), calcio (Ca<sup>2+</sup>), magnesio (Mg<sup>2+</sup>) y sodio (Na<sup>+</sup>) intercambiables, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y textura. Con los datos obtenidos de los análisis químicos y la descripción en campo, se hizo la clasificación de los grupos y unidades de suelos de acuerdo a la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo WRB (IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2007). Se precisaron los linderos mediante barrenaciones en zig-zag y compararon con datos de suelos generados por el INEGI (1984). Esta información se integró en un sistema de información geográfica (ArcGis versión 9.3) y se realizó el mapa final de suelos a escala 1:250 000.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La clasificación de suelos efectuada indica que los grupos de suelos del estado de Campeche corresponden a los: Leptosoles, Gleysoles, Vertisoles, Arenosoles, Solonchaks, Fluvisoles, Nitisoles, Luvisoles, Cambisoles, Histosoles, Stagnosoles, Calcisoles, Phaeozems y Regosoles (Figura 1). Comparando estos resultados con



**Figura 1.** Distribución de los grupos de suelos del estado de Campeche, México.

los reportados por Bautista *et al.* (2010) e INEGI (2016), hay grupos de suelo que en este trabajo contabilizan mayor superficie: Arenosoles, Gleysoles, Histosoles, Leptosoles, Luvisoles y Nitisoles. Mientras que los Phaeozems, Regosoles, Solonchaks y Vertisoles evidenciaron menor porcentaje ocupado que en los dos trabajos mencionados. El grupo Lixisol que es registrado por INEGI (2016), no fue detectado en este estudio y tampoco lo reportó Bautista *et al.* (2010). Los Stagnosoles no los identificaron ninguno de los autores mencionados. Los Calcisoles y Cambisoles son reportados por Bautista *et al.* (2010) pero no por el INEGI (2016). Los grupos con sus unidades de suelo se representan cartográficamente en un mapa de suelos a escala 1: 250 000 (Figura 2), de acuerdo a la base geográfica de perfiles elaborados en este trabajo, estos se clasificaron en 45 unidades de suelos de acuerdo a la clasificación de IUSS Grupo de Trabajo WRB (2007) (Cuadro 1). Al respecto INEGI (2016), menciona 44 unidades de suelo determinadas por su calificador, pero con la versión de 1989 de la WRB.

**Leptosoles (LP):** representa el grupo de suelos con mayor superficie, pues ocupan cerca de 48 % del territorio. Son los suelos que están limitados en la profundidad por una roca dura y continua, o por material muy calcáreo. Estos suelos tienen menos de 25 cm de profundidad efectiva o bien presentan alta pedregosidad en el perfil que puede llegar hasta 75 cm de profundidad (modificador Esquelético). Se identificaron siete unidades, sobresaliendo LP Réndzico (Arcílico), LP Háplico (Éutrico, Esquelético) y LP Lítico (Calcárico) por su mayor área (Cuadro 1). Destaca la presencia de

los modificadores: Háplico (presenta la expresión típica de los horizontes del grupo de suelo), Éutrico (alto porcentaje de saturación de bases en la mayor parte del perfil), Esquelético (ya definido anteriormente), Lítico (profundidad efectiva del suelo de 10 cm o menos), Calcárico (tiene material calcárico entre 20 y 50 cm de profundidad), Mólico (presencia de un horizonte superficial muy oscuro y rico en materia orgánica), Arcílico (dominancia de texturas arcillosas en la mayor parte del perfil de suelo), Réndzico (horizonte Mólico que descansa sobre material parental de roca caliza pulverulenta) y Húmico (alto porcentaje de carbono orgánico en los primeros 40 cm de profundidad).

**Gleysoles (GL):** presentan dentro de los primeros 50 cm de la superficie del suelo mineral una capa de 25 cm o más de espesor que muestra condiciones reductoras en algunas partes y un patrón de color gléyico (colores grisáceos, azulosos o verdosos con o sin moteado ocre debido a los procesos de óxido-reducción del hierro y manganeso) en todo el espesor. Son suelos que sufren de anegamiento con agua dulce durante la mayor parte del año lo cual los restringe para su uso (Figura 3). Se identificaron diez unidades, de las cuales GL Mólico (Calcárico, Arcílico) ocupó la mayor superficie (Cuadro 1). Los modificadores nuevos que tiene este grupo con respecto al anterior son el Hístico (más de 30 % de materia orgánica dentro de los primeros 40 cm de profundidad), Sódico (tiene más de 15 % de Na+Mg intercambiables en los primeros 50 cm de profundidad) y Nóvico (tiene sedimentos de material edáfico nuevo en los primeros 10 cm de profundidad). Este grupo de suelo representó gran parte del territorio con cerca de 16.5% de la superficie total.

**Luvisoles (LV):** suelos que tienen mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial como resultado de procesos pedogenéticos (especialmente migración de arcilla) que lleva a la formación de un horizonte subsuperficial denominado árgico. Son suelos de moderadamente profundos a profundos, de buena productividad y moderadamente ácidos. Se identificaron nueve unidades donde LV Léptico (Hiperéutrico, Arcílico) tiene mayor extensión (Cuadro 1 y Figura 2). Los modificadores que se identificaron en este grupo, dentro de los primeros 100 cm de profundidad indicados por la WRB, fueron el Cutánico (presenta cutanes o revestimientos de arcilla en el horizonte árgico), Gléyico (tiene condiciones de reducción y un patrón de color gléyico en al menos 25 cm), Hiperéutrico (tiene una saturación de bases de 80 % o más en alguna capa), Arénico (presenta textura arenosa dominante), Férrico (presenta segregación de Fe, moteados rojos con nódulos de Fe, que forman un horizonte férrico), Léptico (tiene roca continua) y Nítico (presenta colores rojos brillantes que constituyen un horizonte nítico). También se identificó el calificador Crómico (tiene una capa dentro de los 150 cm de profundidad de colores rojizos).

**Vertisoles (VR):** suelos muy arcillosos que desarrollan grietas anchas y profundas cuando están secos, lo que ocurre en la mayoría de los años. El nombre de Vertisoles se refiere al reciclado interno constante del material de suelo. Son muy fértiles, pero con graves problemas de laboreo debido al endurecimiento en la época de secas y al anegamiento en época de lluvias, lo cual influye en un desarrollo pobre de raíces. Ocupan el 6.93 % del territorio y se identificaron cinco unidades, de las cuales sobresalen VR Gléyico

**Cuadro 1.** Unidades de suelos del estado de Campeche, México.

Tipos de suelos	Clave	ha	%
Arenosol Endoglético (Éutrico)	ARnd(eu)	29064.2	0.5
Calcisol Endoglético (Sódico)	CLnd(so)	54043.1	0.9
Cambisol Glético (Húmico, Arcílico)	CMgl(huce)	39201.7	0.7
Phaeozem Réndzico (Arcílico)	PHrz(ce)	38551.1	0.7
Fluvisol Glético (Éutrico)	FLgl(eu)	19298.2	0.3
Gleysol Hístico (Calcárico, Sódico)	GLhi(caso)	3389.1	0.1
Gleysol Háptico (Húmico, Arcílico, Nórico)	GLha(hucenv)	19059.3	0.3
Gleysol Háptico (Calcárico, Húmico, Arcílico)	GLha(cahuce)	13004.0	0.2
Gleysol Mólico (Húmico, Sódico, Arcílico)	GLmo(husoce)	1552.8	0.0
Gleysol Mólico (Calcárico, Arcílico)	GLmo(cace)	624854.5	10.8
Gleysol Mólico (Calcárico, Arcílico, Nórico)	GLmo(cacenv)	40982.1	0.7
Gleysol Mólico (Calcárico, Húmico, Arcílico)	GLmo(cahuce)	107223.0	1.9
Gleysol Mólico (Calcárico, Sódico)	GLmo(caso)	41511.3	0.7
Gleysol Mólico (Calcárico, Sódico, Arcílico)	GLmo(casoce)	20846.6	0.4
Gleysol Mólico (Éutrico, Arcílico)	GLmo(euce)	51351.1	0.9
Histosol Sáfico (Éutrico)	HSsz(eu)	107513.2	1.9
Leptosol Háptico (Éutrico, Esquelético)	LPha(eusk)	589983.5	10.2
Leptosol Lítico (Calcárico)	LPli(ca)	307187.7	5.3
Leptosol Mólico (Arcílico)	LPmo(ce)	21083.5	0.4
Leptosol Réndzico (Esquelético)	LPrz(sk)	108067.7	1.9
Leptosol Réndzico	LPrz	1329352.5	23.0
Leptosol Réndzico (Arcílico)	LPrz(ce)	152098.6	2.6
Leptosol Réndzico (Húmico, Esquelético)	LPrz(husk)	163126.2	2.8
Luvisol Cutánico Glético (Hiperéutrico, Arcílico)	LVctgl(hece)	22113.2	0.4
Luvisol Cutánico, Glético (Hiperéutrico, Arénico)	LVctgl(euar)	1867.1	0.0
Luvisol Glético (Hiperéutrico, Arcílico)	LVgl(hece)	1888.5	0.0
Luvisol Háptico (Férrico, Hiperéutrico)	LVha(frhe)	9726.1	0.2
Luvisol Háptico (Férrico, Crómico)	LVha(frchr)	37453.9	0.6
Luvisol Háptico (Hiperéutrico, Esquelético, Arcílico)	LVha(heskce)	57666.6	1.0
Luvisol Háptico (Húmico, Hiperéutrico)	LVha(huhe)	35448.8	0.6
Luvisol Léptico (Hiperéutrico, Arcílico)	LVle(hece)	127754.0	2.2
Luvisol Nítico (Férrico, Hiperéutrico)	LVni(frhe)	53783.9	0.9
Nitisol Háptico (Éutrico, Ródico)	NTha(euro)	417377.8	7.2
Nitisol Mólico (Húmico, Éutrico)	NTmo(hueu)	52709.3	0.9
Nitisol Mólico (Éutrico, Ródico)	NTmo(euro)	1950.9	0.0
Regosol Endoglético (Calcárico, Sódico)	RGng(caso)	12752.2	0.2
Solonchak Glético (Arénico)	SCgl(ar)	70852.5	1.2
Solonchak Glético (Carbonático, Arcílico)	SCgl(cnce)	31036.1	0.5
Stagnosol Endoglético (Húmico, Éutrico)	STng(hueu)	119818.6	2.1
Stagnosol Mólico (Calcárico, Arcílico)	STmo(cace)	32410.3	0.6
Vertisol Glético (Calcárico)	VRgl(ca)	216001.4	3.7
Vertisol Glético (Calcárico, Húmico)	VRgl(cahu)	81860.6	1.4
Vertisol Glético (Calcárico, Pélico)	VRgl(cape)	91579.1	1.6
Vertisol Glético (Húmico)	VRgl(hu)	103750.0	1.8
Vertisol Glético (Éutrico)	VRgl(eu)	107809.9	1.9
Cuerpo de agua	CA	209062.4	3.6
Total		5779018.3	100.0

(Calcárico) (Cuadro 1). Para este grupo de suelos solo se identificó un modificador diferente a los ya definidos: Pélico (Vertisoles que tienen al menos en los primeros 30 cm de profundidad colores muy oscuros no debidos a la gleyzación).

**Solonchaks (SC):** este tipo de suelo tiene como característica principal un horizonte sub superficial sálico dentro de los primeros 50 cm de profundidad, lo cual se confirma al presentar una  $CE > 15 \text{ dS m}^{-1}$ . Son suelos salinos donde solo crecen especies halófitas, predominando los manglares. Se identificaron dos unidades de las cuales el SC Gléyico (Arénico) tuvo mayor área (Cuadro 1). Este grupo tuvo únicamente un modificador diferente referido al Carbonático (Solonchaks cuyo horizonte sálico tiene pH de 8.5 o más).

**Stagnosoles (ST):** suelos con un manto freático colgado que provoca rasgos redoximórficos causados por el anegamiento (encharcamiento) en los primeros horizontes. Están periódicamente mojados y presentan colores grises con moteados rojizos en el suelo superficial y subsuelo, con o sin concreciones y/o decoloración. Son suelos relativamente fértiles, donde los cultivos tienen problemas debido al encharcamiento superficial, en época de lluvias. Se identificaron dos unidades y sobresalieron el ST Endogléyico (Húmico, Éutrico) (Cuadro 1). En este grupo de suelos únicamente se registró un modificador diferente a los ya definidos: Endogléyico (presenta condiciones reductoras y patrón de color gléyico entre 50 y 100 cm de profundidad).

**Arenosoles (AR):** Comprenden suelos arenosos, incluyendo tan-

to suelos desarrollados en arenas residuales y suelos desarrollados en arenas recién depositadas tales como dunas y tierras de playas. Son suelos poco fértiles con severos problemas de baja retención de humedad y de erosión. Se encontró la unidad AR Endogléyico (Éutrico) (Cuadro 1). Los modificadores que presenta se describieron en los grupos anteriores.

**Cambisoles (CM):** son suelos que presentan apenas un ligero desarrollo en sus horizontes sub superficiales, por ello se presentan como suelos intermedios entre las otras unidades de suelo. El desarrollo del horizonte se manifiesta por un cambio de color debido a la gleyzación y a la oxidación del hierro, y el desarrollo de una estructura más fuerte en el subsuelo. Son suelos fértiles pero presentan anegamiento lo cual dificulta su uso. Se identificó la unidad CM Gléyico (Húmico Arcílico) (Cuadro 1). La definición de sus modificadores ya fue hecha anteriormente.

**Histosoles (HS):** comprenden suelos formados a partir de la acumulación de material orgánico; generalmente asociados a relieves cóncavos y tierras bajas. Son suelos muy fértiles y ácidos, están ocupados con vegetación hidrófila. No se deben utilizar en agricultura, dado que si se someten a drenaje cambia drásticamente su constitución oxidando la materia orgánica. Son recomendables para la reserva de la vida silvestre. En este estudio se identificó la unidad HS Sálico (Éutrico) (Cuadro 1), y únicamente se registró un modificador diferente a los ya definidos: Sálico (presenta un horizonte enriquecido de sales solubles dentro de los 100 cm de profundidad).

**Nitisoles (NT):** suelos rojos profundos, bien drenados, con límites difusos entre horizontes y un horizonte sub superficial enriquecido en hierro muy oxidado que tiene color rojo brillante denominado horizonte nítico y se encuentra principalmente en los trópicos.

Son mucho más productivos que la mayoría de otros suelos rojos tropicales, por lo que se utilizan ampliamente en agricultura. Se identificaron tres unidades y sobresalieron el NT Háplico (Éutrico, Ródico) (Cuadro 1). En este grupo de suelos únicamente se registró un modificador diferente a los ya definidos: Ródico (tiene dentro de los 150 cm de profundidad algún horizonte de 30 cm o más de grueso que tiene colores rojo oscuros).

**Fluvisoles (FL):** son suelos formados por sedimentos fluviales y lacustres que reciben material fresco a intervalos regulares o los han recibido en el pasado reciente. Son suelos muy fértiles apropiados para la agricultura intensiva. Se identificó la unidad FL Gléyico (Éutrico, Arcílico) (Cuadro 1).

**Regosoles (RG):** son suelos minerales muy débilmente desarrollados sobre materiales no consolidados, no tienen horizontes de diagnóstico bien definidos, o no cuentan con alguna de las características propias de un grupo de suelo. Presentan gravas y piedras en los horizontes y anegamiento, lo cual dificulta su uso agrícola. Se identificó la unidad RG Endogléyico (Calcárico, Sódico) (Cuadro 1).

**Calcisoles (CL):** suelos caracterizados por poseer un horizonte sub superficial que presenta alta

acumulación de calcio en forma de manchas blancas con gran cantidad de carbonatos (horizonte cálcico). Son suelos fértiles con problemas de anegamiento en los horizontes sub superficiales y altos contenidos de sodio, que restringen su uso en agricultura permanente. Se clasificó la unidad CL Endogléyico (Sódico) (Cuadro 1).

**Phaeozems (PH):** estos suelos presentan un horizonte superficial profundo y con altos contenidos de materia orgánica. Son suelos fértiles y friables que son usados en agricultura intensiva. Tienen presencia de roca calcárea pulverulenta dentro de los 50 cm de profundidad. Se clasificó la unidad PH Réndzico (Arcílico) (Cuadro 1).

## CONCLUSIONES

En Campeche, México, se identificaron 14 grupos mayores de suelos y 45 unidades de suelos que se representaron cartográficamente a escala 1:250,000, la mayor superficie la ocupan suelos muy pedregosos con limitada profundidad y de origen calcáreo denominados Leptosoles.

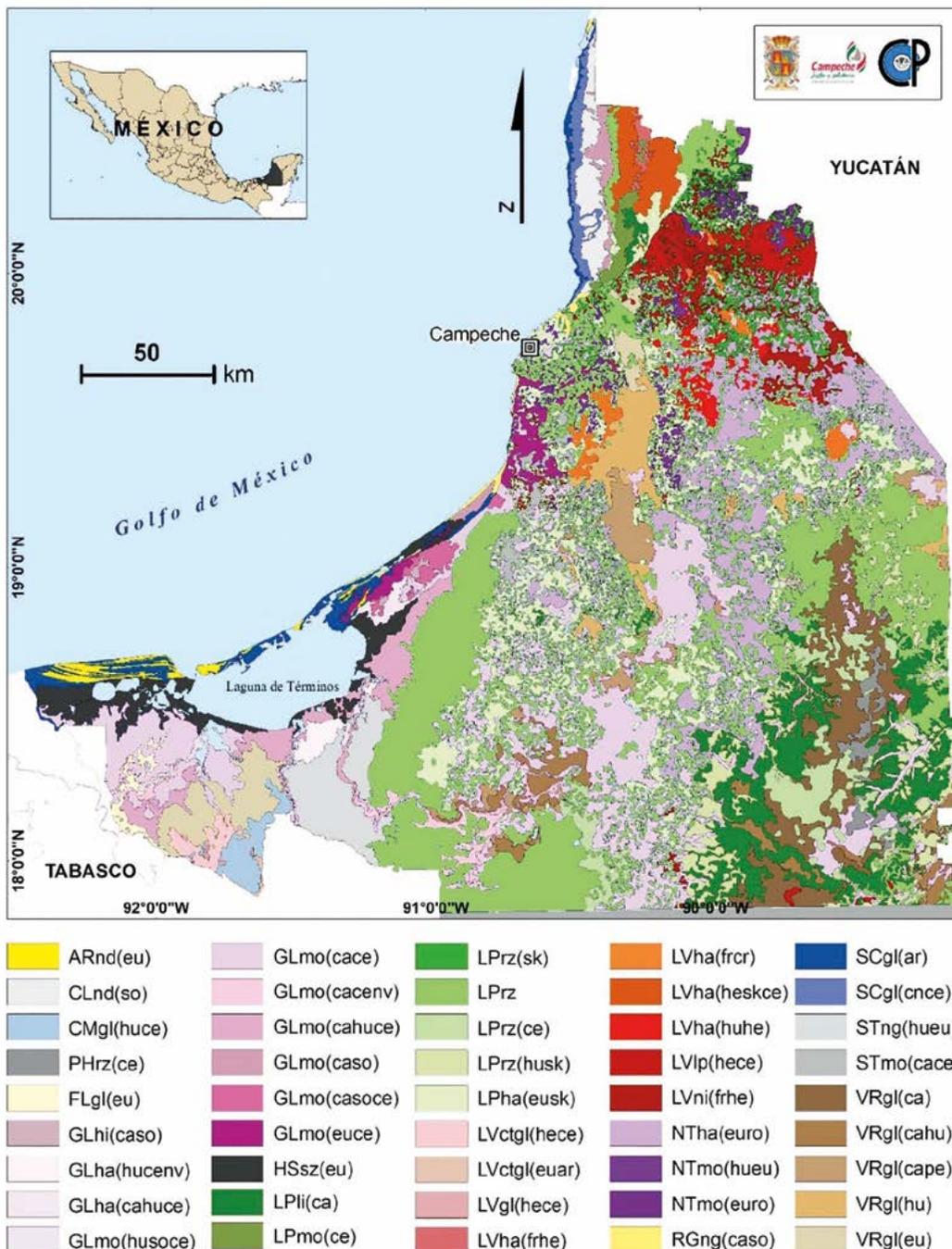


Figura 2. Mapa de unidades de suelos del estado de Campeche, México.

Los Gleysoles y Vertisoles ocupan el segundo y tercer lugar respectivamente. El estudio mostró gran variabilidad de suelos, aunque una buena parte de ellos no son apropiados para uso agrícola intensivo debido principalmente a su poca profundidad o al exceso de humedad. La utilización más apropiada para los suelos delgados y moderadamente profundos es para zonas de reserva de la vida silvestre, lo cual coincide con las extensas áreas protegidas en el estado.

### AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Desarrollo Rural del estado de Campeche, México, por el financiamiento de este trabajo.

### LITERATURA CITADA

Bautista A. C., Etchevers J. B., del Castillo R. F., Gutiérrez C. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. Ecosistemas. 13(2): 90-97.  
 Bautista F., Batllori-Sampedro E., Palacio-Aponte G., Ortiz-Pérez M., Castillo-González M. 2005. Integración del conocimiento actual sobre paisajes geomorfológicos de la Península de Yucatán. In:

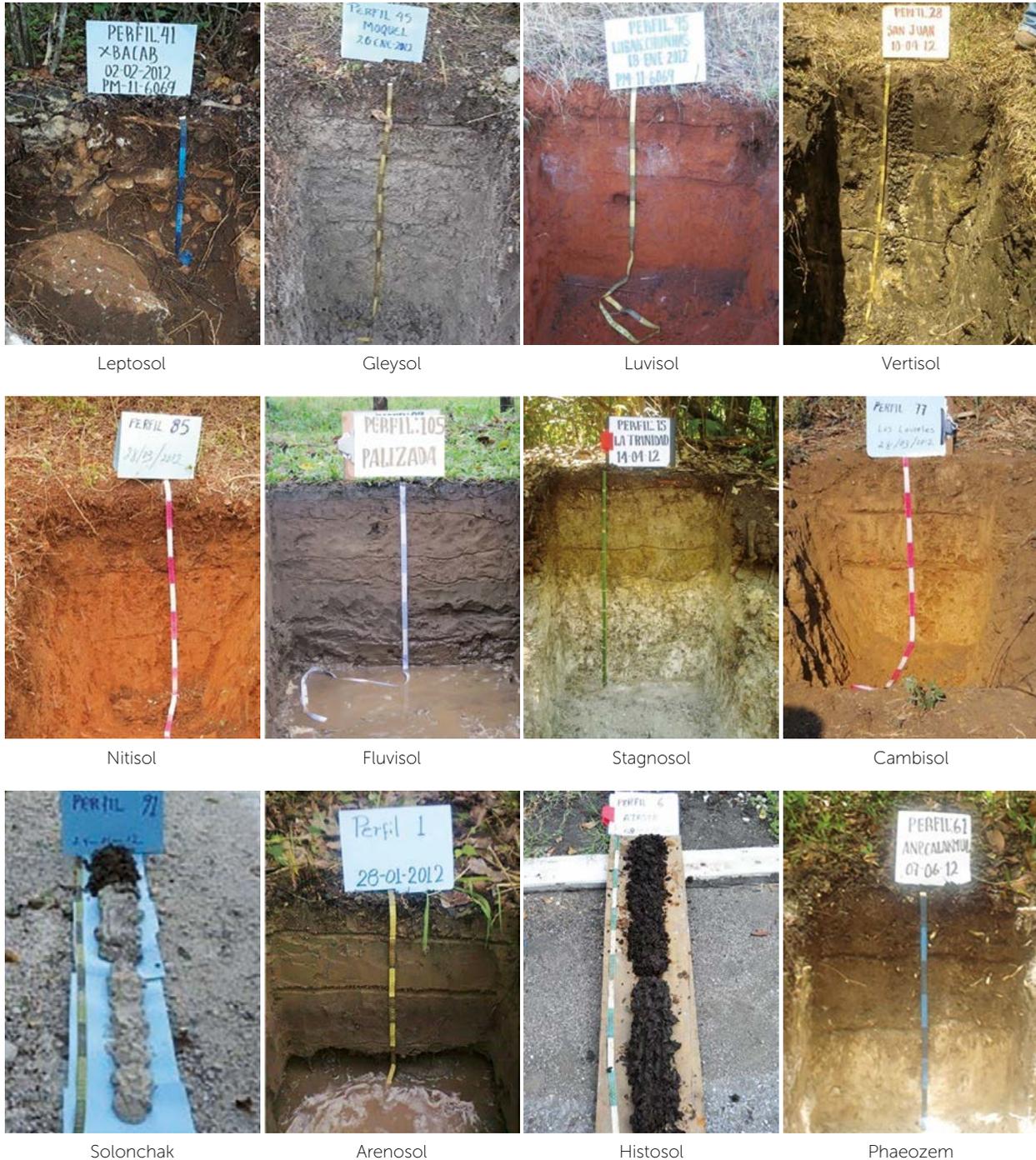


Figura 3. Grupos de suelos representativos del estado de Campeche.

- Bautista Z. F. y Palacio A. G. (editores). Caracterización y manejo de suelos de la Península de Yucatán. Universidad Autónoma de Campeche, Centro de Ecología Pesquería y Oceanografía del Golfo de México, UADY, SEMARNAT, Instituto Nacional de Ecología y CONACYT. México D. F. p: 33-58.
- Bautista Z. F., Palacio A. A. G., Mendoza V. J., Kú Q. V. M., Pool N. L., Cantarell J. W. 2010. Suelos. *In*: Villalobos-Zapata. G. J. y Mendoza V. J. (Coord.). La Biodiversidad en Campeche: Estudio de Estado. CONABIO, Gobierno del Estado de Campeche, UACAM y ECOSUR. México. p: 20-27.
- Buol S. W. 1995. Sustainability of soil use. Annual review of ecology and systematic. 26: 25-44.
- Cuanalo de la C. H. 1990. Manual para la descripción de perfiles en el campo. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados. Chapingo. 40 p.
- INEGI. 1984. Cartas edafológicas: Calkiní F15-9-12, Campeche E15-3, Ciudad del Carmen E15-6, Frontera E15-5, Mérida F16-10, Felipe Carrillo Puerto E16-1, Chetumal E16-4-7 y Tenosique E15-9. Escala 1:250 000. Aguascalientes.
- INEGI. 2015. Anuario estadístico y geográfico de Campeche. 2015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes. 385 p.
- INEGI. 2016. Anuario estadístico y geográfico de Campeche 2016. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes. 405 p.
- IUSS Grupo de trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización traducida al español por Mabel Susana Pazos. Informe sobre recursos mundiales de suelos. FAO. Roma. 124 p.
- Lugo H. J., Córdova C. 1992. Regionalización geomorfológica de la República Mexicana. Investigaciones Geográficas 25: 25-63.
- Porta J., López-Acevedo M., Poch R. M. 2013. Edafología: uso y protección de suelos. Tercera edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. 607 p.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente). 2002. Síntesis GEO-3. Perspectivas del medio ambiente mundial 3. [http://www.unep.org/geo/GEO3/pdfs/GEO3\\_Synthesis\\_spa.pdf](http://www.unep.org/geo/GEO3/pdfs/GEO3_Synthesis_spa.pdf). (Consultado el 3 de febrero de 2012).
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SERMANAT). 2002. NOM-021-RECNAT-2000 Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=717582&fecha=31/12/2002](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=717582&fecha=31/12/2002). (Consultado el 12 de julio de 2017).
- Zinck J. A. 2012. Geopedología: Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales. ITC Special Lecture Notes Series. Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation. Enschede. 123 p.

