

PAISAJES GEOMORFOLÓGICOS: BASE PARA EL LEVANTAMIENTO DE SUELOS EN TABASCO, MÉXICO

Geomorphological landscapes: framework for soil surveys in Tabasco, México

Joel Zavala-Cruz¹, Raquel Jiménez Ramírez¹, David Jesús Palma-López^{1*}, Francisco Bautista Zúñiga², Francisco Gavi Reyes³

¹ Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Periférico Carlos A. Molina s/n. AP 24, CP 86500, Cárdenas, Tabasco, México.

² Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA-UNAM).

³ Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.

*Autor de correspondencia: dapalma@colpos.mx

Artículo científico recibido: 27 de agosto de 2014, **aceptado**: 21 de octubre de 2015

RESUMEN. La cartografía de suelos contribuye a la planificación de los sistemas agropecuarios, pero el nivel de reconocimiento con que se cuenta en México está desactualizado. El objetivo del presente estudio fue actualizar el mapa de paisajes geomorfológicos del estado de Tabasco y analizar sus relaciones con los grupos de suelos. Con base en la cartografía sobre geomorfología, geología y suelos, el análisis de mapas topográficos, ortofotomapas, modelo digital de elevación de INEGI y la verificación de campo, se zonificó el estado de acuerdo al enfoque geopedológico. El estado de Tabasco se ubica en tres ambientes morfogenéticos: la Planicie Costera del Golfo Sur (PCGS), la Península de Yucatán (PY) y la Sierra de Chiapas y Guatemala (SCHG), los cuales representan el 85.1, 9.0 y 6.0 % del estado; se subdividen en 12 paisajes geomorfológicos, sobresaliendo las terrazas costeras, las planicies palustre, fluvial activa y fluviodeltaica inactiva en la PCGS. Los paisajes geomorfológicos influyen en la distribución geográfica de los grupos de suelos y las características a nivel de horizontes, propiedades, materiales de diagnóstico y calificadores, que inciden en factores limitantes para la capacidad agropecuaria. Destacan los grupos de suelos Arenosol, Solonchak, Histosol, Gleysol, Fluvisol y Vertisol en las planicies; Alisol, Acrisol y Luvisol en las terrazas costeras, lomeríos y montañas sobre rocas detríticas; y Leptosol, Vertisol y Cambisol en paisajes kársticos.

Palabras clave: Geomorfología, suelos, grupo de suelos, paisaje geomorfológico, relieve

ABSTRACT. Soil mapping contributes to the planning of agricultural and livestock systems; however, the level of recognition found in Mexico is outdated. The objective of this study was to update the map of geomorphological landscapes in the state of Tabasco and analyze its relation to soil groups. Based on the mapping of geomorphology, geology and soil, the analysis of topographic maps, orthophotomaps, digital elevation models of the INEGI and field verification, the state was zoned according to the geopedological approach. The state of Tabasco is located in three morphogenetic environments: the Southern Gulf Coastal Plains (SGCP), the Yucatán Peninsula (YP) and the Sierra de Chiapas and Guatemala (SCHG), which represent 85.1, 9.0 and 6.0 % of the state. These environments are subdivided into 12 geomorphological landscapes, including coastal terraces, plain marshes, active fluvial and inactive fluvial-deltaic plains in the SGCP. The geomorphological landscapes influence the geographical distribution of soil groups and the characteristics of the horizon la properties, diagnostic materials and qualifiers yers, that influence limiting factors for the agricultural and livestock capacities. The Arenosol, Solonchak, Histosol, Gleysol, Fluvisol and Vertisol soil groups are found in the plains; Alisol, Acrisol and Luvisol soil groups are found in the coastal terraces, hills and mountains on clastic rocks; Leptosol, Vertisol and Cambisol soil groups are found in karst landscapes.

Key words: Geomorphology; soils, soil groups, geomorphological landscape, relief

INTRODUCCIÓN

La cartografía de suelos es el mayor objetivo de la ciencia del suelo, ya que proporciona información útil para predecir la distribución espacial de propiedades edáficas (Miller y Schaetzl 2014), para la toma de decisiones en la planificación del uso de suelo, proyectos de desarrollo agrícola, evaluación de erosión, manejo y conservación de recursos naturales (Zinck 2012, Sánchez-Hernández *et al.* 2013). Sin embargo, en México sólo se tiene cobertura nacional a nivel de reconocimiento, escala 1: 250 000 desactualizada, por lo que se requiere contar con información oportuna y actualizada (Guerrero-Eufracio y Cruz 2011).

De forma tradicional, el levantamiento de suelos es la rama de la edafología que tiene el propósito de estudiar, clasificar y cartografiar los suelos para predecir su comportamiento bajo diferentes usos y manejos, pero es lento y costoso (Chapman y Atkinson 2007). Por lo que el enfoque geopedológico es una alternativa para mejorar y acelerar la cartografía de suelos, con base en el levantamiento geomorfológico, facilita la localización de sitios de muestreo y explica la variabilidad espacial de los suelos. La pedología proporciona el contenido edáfico de las unidades de mapeo en términos de componentes taxonómicos, porcentaje de área y patrón de distribución espacial (Zinck 2012). Por lo anterior, el objetivo fue realizar el estudio de suelos del estado de Tabasco a escala 1: 250 000 y elaborar el mapa de paisajes geomorfológicos para contar con una base espacial confiable, explicar la distribución geográfica y origen de los suelos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estado de Tabasco tiene una superficie de 24 661 km², lo que representa el 1.3 % del país; forma parte de las provincias fisiográficas de la Planicie Costera del Golfo Sur (PCGS) con el 96 %, y Sierras de Chiapas y Guatemala (SCHG) con el 4 %. Limita al norte con el Golfo de México, al noreste, sur y oeste con los estados de Campeche, Chiapas y Veracruz, al sureste con la república

de Guatemala (Ortíz-Pérez *et al.* 2005). Tiene un clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano en la costa y centro, y cálido húmedo con lluvias todo el año en el sur. La temperatura media anual oscila entre 24 y 26 °C con precipitación anual entre 2 000 y 4 000 mm. La abundante precipitación es drenada por las cuencas de los ríos Grijalva, Usumacinta y Tonalá, cuyo caudal se descarga al Golfo de México (Palma-López *et al.* 2007).

El relieve se clasificó de acuerdo al enfoque geopedológico en el ambiente morfogenético, originado y controlado por un estilo de geodinámica interna y/o externa, estructural y deposicional; y por el paisaje geomorfológico de una amplia porción del terreno caracterizada por su expresión fisiográfica (Zinck 2012). La diferenciación de los paisajes geomorfológicos se realizó con información morfométrica de forma, altitud, pendiente, proceso geomorfológico y tipo de roca (Ortíz-Pérez *et al.* 2005).

La primera versión del mapa de relieves se basó en la cartografía de los estudios realizados por Ortíz-Pérez *et al.* (2005), Zavala *et al.* (2011) y Domínguez-Domínguez *et al.* (2011). Los linderos de los paisajes geomorfológicos se precisaron mediante análisis de: 1) patrón repetitivo del relieve/modelado con base en la fotointerpretación del tono y tipo de drenaje en ortofotomapas escala 1: 20 000 (INEGI 2011a) y del modelo digital de elevación (MDE) escala 1: 50 000 (INEGI 2011b), para el caso de paisajes de planicies y terrazas con poca expresión del relieve; 2) procesos geomorfológicos tomando en cuenta el relieve/modelado; 3) el tipo de roca basado en mapas de geología y geomorfología (Ortíz-Pérez *et al.* 2005, SGM 2008, Domínguez-Domínguez *et al.* 2011, Zavala *et al.* 2012), para diferenciar los paisajes kársticos, volcánicos y de rocas detríticas en terrazas, lomeríos y montañas; 4) el espaciamiento de las curvas de nivel indicando intervalos de altura, rupturas de pendiente e inclinación (García y Lugo 2003), con base en mapas topográficos del INEGI escala 1: 50 000, en los paisajes del ambiente SCHG; y 5) datos de campo de variables morfométricas. El mapa de paisajes geomorfológicos se diseñó escala

1: 250 000 con el programa ArcMap 9.3.

Para cada paisaje geomorfológico se recopiló información de los suelos tomando los grupos dominantes reportados en la cartografía, datos físicos y químicos de los perfiles representativos de cada suelo, indicadores de los horizontes, propiedades, materiales de diagnóstico y calificadores (Domínguez-Domínguez *et al.* 2011, Zavala *et al.* 2011, Zavala *et al.* 2012, Salgado-García *et al.* 2013, Zavala *et al.* 2014, Salgado *et al.* 2015) establecidos por el Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB) (IUSS Working Group WRB 2007), y de variables que determinan la capacidad de uso agropecuario (Palma-López *et al.* 2007), tomando en cuenta información de paisajes geomorfológicos y datos físicos y químicos de los perfiles de suelos.

RESULTADOS

Ambientes morfogenéticos

El estado de Tabasco comprende tres ambientes morfogenéticos: PCGS, PY y SCHG; que ocupan el 85, 9 y 6 %, respectivamente. En el ambiente PCGS prevalece la acumulación de sedimentos no consolidados del Cuaternario Holoceno, transportados por los ríos Grijalva, Usumacinta y Tonalá, forman una franja de planicies de 65 km de ancho en promedio, al sur del Golfo de México. Los procesos denudativos dominan sobre las terrazas costeras de sedimentos detríticos del Terciario Eoceno al Cuaternario Pleistoceno, en zonas de transición con la SCHG. El ambiente PY es de tipo disolucional en terrazas sobre rocas calizas y margas del Terciario Oligoceno y Mioceno, ubicada al este del estado. El ambiente SCHG está formado por plegamientos de rocas sedimentarias calizas y detríticas del Cretácico al Terciario Mioceno, en el sur y este del estado.

Paisajes geomorfológicos

Se clasificaron 12 paisajes geomorfológicos (Figura 1), sobre en por su extensión las terrazas costeras, planicie palustre, planicie fluvial activa y planicie fluviodeltaica inactiva, todas en PCGS; que representan el 77.6 % de la superficie del estado

(Figura 1 y Tabla 1). En este ambiente destacan los paisajes geomorfológicos de planicies y terrazas. La planicie es una porción extensa no confinada, de posición baja, con poca energía de relieve y pendientes suaves; con alturas de 0 a 70 msnm y pendientes dominantes de 0 a 3 %, hasta 10 % (Tabla 1 y Figura 2a). La planicie de cordones de playa (4.9 %) es un conjunto de bordos arenosos acumulados por las corrientes playeras y litorales. De la costa hacia el interior se alternan franjas de cordones altos bien drenados y bajos inundables, siendo evidentes a ambos lados de la desembocadura del río Usumacinta, donde la costa tiene una anchura de 30 km. Un sistema de dunas estables se ubica entre las bocas de Tupilco y Sánchez Magallanes donde la costa es de 100 a 300 m con erosión litoral (Figura 1 y Tabla 1).

La planicie baja de inundación lagunar (2.6 %) es de relieve cóncavo con materiales finos a arenosos acumulados por corrientes de agua salobre, a través de bocas que comunican a las lagunas costeras con el Golfo de México y por corrientes fluviales; protegida por la planicie de cordones de playa. Se favorece la acumulación de turba por el anegamiento durante casi todo el año y por los residuos del manglar en las zonas cóncavas. La planicie palustre (18.5 %) consiste de extensas depresiones entre las planicies costera y fluvial, permanece inundada con agua dulce la mayor parte del año, tienen una capa de turba de alrededor de 1 m de espesor sobre sedimentos aluviales finos, como resultado de la lenta descomposición de los materiales orgánicos aportados por la vegetación hidrófila.

La planicie fluviodeltaica inactiva (14.8 %) está formada por extensas superficies planas a cóncavas, con sedimentos aluviales acumulados por el río Mezcalapa. Permanece inactiva al no recibir sedimentos aluviales por el control de las avenidas del sistema de presas en la cuenca media del río Grijalva, por los bordos de protección y del sistema de drenes en la planicie del Plan Chontalpa. La secuencia de relieves en sentido perpendicular a los paleocauces es de diques naturales con sedimentos de textura media a ambos lados de los cauces, ocupan los sitios más elevados, tienen forma ligeramente con-

Tabla 1. Relación entre paisajes geomorfológicos y suelos de Tabasco.

Paisaje geomorfológico	Relieve/modelado	Altura (msnm)	Pendiente (%)	Proceso geomorfológico	Roca y edad
PCP	Cordones de playa altos y bajos, dunas costeras	<5	<2	A, E	Sli, Qho
PBIL	Marismas minerales, depresiones de turba	<2	<1	A	Sp, Sal, Qho
PP	Planicie de turba, llanura de inundación	1-5	<1	A	Sp, Sal, Qho
PFDI	Diques naturales, llanura de inundación, cubeta de decantación	2-40	<2	A	Sal, Qho
PFA	Diques naturales, llanura de inundación, cubeta de decantación, lagunas	2-40	<2	A	Sal, Qho
TCo	Lomerío suave, valles erosivos y acumulativos	10-70	1-10	I, E, A	Ar-Lu, Ar-Cgp, Cgp-Ar, Lm-Ar, Te-Qpl
Tk	Lomerío suave, planicie kárstica	20-90	1-6	K, A	Cz,Mg, Lu-Cz, Cz-Ar, To-m
VI	Valle acumulativo, ladera	40-100	1-10	E, A	Lu-Ar, Lm-Ar, Cz-Ar, Tpa-m
LSIV	Lomas convexas y cóncavas, valle erosivo	40-440	6-40	I, E	Bva, Tp
LIALL	Lomas convexas y cóncavas, valle erosivo	50-350	6-25	E, I	Ar-Lu, Lu-Ar, Lm-Ar, TPa-m
Mik	Laderas inclinadas y escarpadas, planicie kárstica	50-980	25-100	K, E, I, G	Cz, Cz-Lu, Cz-Ar, K-Tm
MILAC	Laderas inclinadas y escarpadas, valle erosivo	200-1020	25-100	E, I, G	Lm-Ar, Cgp, Ar-Lu, Te-m

PCP Planicie de cordones de playa, PBIL Planicie baja de inundación lagunar, PP Planicie palustre, PFDI Planicie fluviodeltaica inactiva, PFA Planicie fluvial activa, Tk Terrazas costeras, VI Valle intermontano, LSIV Lomerío suave a inclinado volcánico, LIALL Lomerío inclinado en areniscas-lutitas-limonitas, Mik Montaña inclinada kárstica, MILAC Montaña inclinada en limonitas-areniscas-conglomerado. Proceso geomorfológico: A Acumulación, I Intemperización, E Erosión, K Karsificación, G Gravitacional. Tipo de roca: Sli Sedimentos litorales, Sp Sedimentos palustres, Sal Sedimentos aluviales, Ar Areniscas, Lu Lutitas, Cgp Conglomerado polimíctico, Lm Limonitas, Bva Brecha volcánica andesítica, Cz Caliza, Mg Margá. Edad geológica: Qho Cuaternario Holoceno, Qpl Cuaternario Pleistoceno, Tp Terciario Plioceno, Tm Terciario Mioceno, To Terciario Oligoceno, Te Terciario Eoceno, Tpa Terciario Paleoceno, K Cretácico.

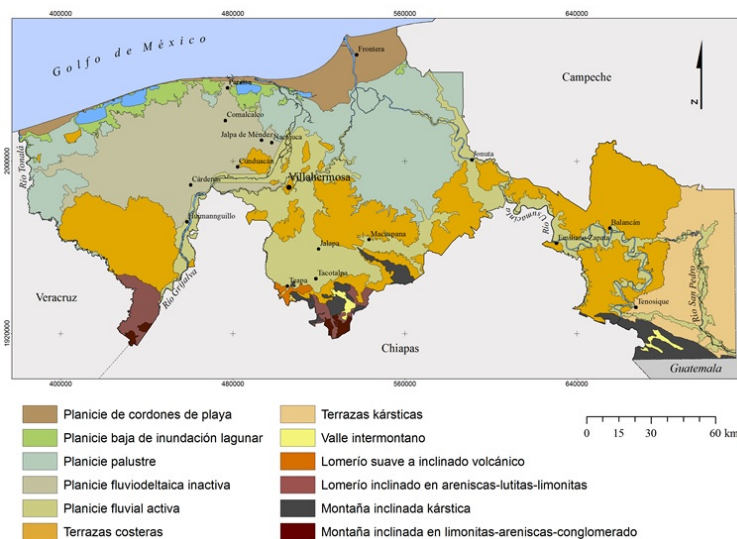


Figura 1. Paisajes geomorfológicos del estado de Tabasco.

vexa y buen drenaje superficial; posteriormente, se localizan las llanuras de inundación sobre sedimentos arcillosos, presentan mal drenaje durante varios

meses, excepto en el Plan Chontalpa; las cubetas de decantación sobre arcillas se ubican en las zonas más cóncavas e inundables. La planicie fluvial ac-

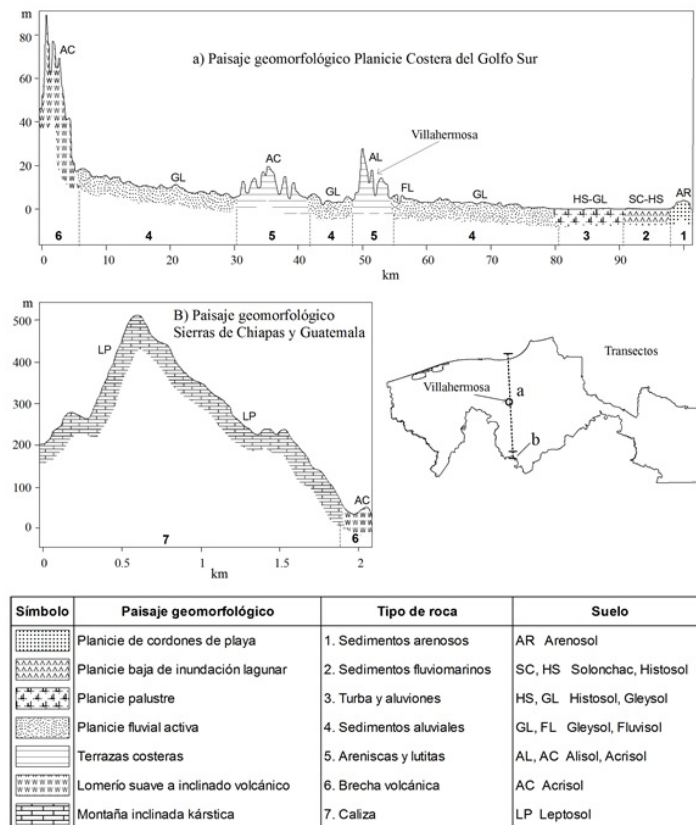


Figura 2. Paisajes geomorfológicos, rocas y suelos en el transecto Golfo de México-Sierra Norte de Chiapas.

tiva (17.6 %) se localiza entre las terrazas costeras, tiene relieves similares a la planicie fluviodeltaica, prevaleciendo las geofomas inundables, los ríos se desbordan y acumulan sedimentos en la época de lluvias, al carecer de presas y bordos de contención.

Las terrazas costeras representan el 26.7 %, están formadas sobre rocas detríticas, tienen superficies extensas de lomeríos con pendiente suave con buen drenaje superficial, resultado de procesos de intemperización, con zonas de valles acumulativos y depresiones, receptoras de sedimentos fluvio-deluviales en la época de lluvias. Varias terrazas aisladas emergen de las planicies fluviales, destacando las de Villahermosa y Ocuilzapotlán. Las terrazas kársticas (9 %) se sitúan en el ambiente morfogenético PY, consisten de lomeríos suaves con procesos incipientes de karsificación, y planicies sobre sedimentos deluviales arcillosos con drenaje de-

ficiente; con alturas y pendientes menores de 90 msnm y 6 %.

El ambiente SCHG tiene paisajes de valles intermontanos, lomeríos y montañas, con alturas y pendientes de 40 a 1020 msnm y de 6 a 100 %. El valle es una porción del terreno alargada y plana, intercalada entre dos zonas circundantes de relieve alto generalmente drenadas por ríos. Los valles intermontanos (0.4 %) se localizan en Tacotalpa y Tenosique, tienen relieves de llanuras aluviales y deluviales; laderas sobre rocas detríticas y calizas, donde prevalecen procesos de erosión.

El lomerío es una porción del terreno quebrado, caracterizado por una repetición de colinas redondas o lomas alargadas, con cumbres a alturas variables, separadas por valles coluvio-aluviales. Los paisajes de lomerío suave a inclinado volcánico (0.3

%) (Figura 2a) y lomerío inclinado de areniscas-limonitas (2 %), se alternan con relieves convexos y valles erosivos. Las pendientes moderadas a fuertes, precipitaciones de 2 500 a 4 000 mm y la deforestación, contribuyen a los procesos de intemperización y erosión.

El paisaje de montaña se define como una porción del terreno, elevada, escabrosa, disectada y caracterizada por alturas importantes con relación a las unidades de paisajes circundantes de posición baja. El paisaje de montaña inclinada kárstica (2.9 %) (Figura 2b), consiste de laderas convexas sometidas a procesos de disolución química del carbonato de calcio y magnesio de la roca caliza, al entrar en contacto con el agua y los ácidos húmicos del suelo. En la montaña inclinada en limonitas-areniscas-conglomerado (0.4 %) prevalecen laderas convexas y valles con procesos erosivos.

Relación entre paisajes geomorfológicos y grupos de suelos

Los paisajes de planicies sobre sedimentos no consolidados contienen de uno a tres suelos específicos (Tabla 2), dependiendo del tipo de sedimento y drenaje (Figura 2a). De la costa hacia el interior sobresalen: Arenosoles en la planicie de cordones de playa altos, Solonchaks en la planicie baja de inundación lagunar e Histosoles en la planicie palustre. En las planicies fluviales la secuencia es de Fluvisoles y Cambisoles en diques naturales; Vertisoles y Gleysoles en llanuras de inundación, diferenciándose por la textura, disposición de capas aluviales y gleyzación. Algunos suelos se desarrollan en varios paisajes, como los Histosoles en cordones de playa bajos y en depresiones de la planicie lagunar, los Gleysoles en las planicies de inundación y cubetas de decantación de las planicies fluvial y palustre.

Los paisajes de las planicies determinan condiciones que controlan el desarrollo de horizontes, propiedades, materiales de diagnóstico y calificadores que definen a los grupos y unidades de suelos (Tabla 3), de acuerdo con la clasificación WRB. En las planicies baja de inundación lagunar y palustre, la inundación con agua salobre, el manto freático elevado y la turba, favorecen el desarrollo de

horizontes sálico e hístico, condiciones reductoras y patrón de color gléyico, así como los calificadores hémico, sáprico, hístico, rheico y gléyico. En las planicies fluviales, los diques naturales se relacionan con materiales flúvicos, horizontes cámbicos, condiciones reductoras y patrón de color gléyico, y calificador límico (Tabla 3), estas características están determinadas por los sedimentos de textura media, el manto freático subsuperficial y la inactividad fluvial. En la llanura de inundación, el suelo presenta horizontes vérticos, condiciones reductoras, patrón de color gléyico, y los calificadores gléyico y arcílico, en relación con la acumulación de arcillas activas, inundación y manto freático elevado (Tabla 3). La cubeta de decantación tiene suelos similares a la planicie palustre. Estas características edáficas se traducen en factores que restringen la capacidad de uso agropecuario, sobresaliendo la salinidad, inundación, manto freático elevado y texturas arenosas y arcillosas. Actualmente, los pastizales y cultivos se establecen en los suelos mejor drenados; la vegetación hidrófila, manglares y selvas se ubican en suelos mal drenados.

En los relieves convexos de los paisajes de terrazas costeras, lomerío suave a inclinado volcánico, lomerío inclinado y montaña inclinada sobre rocas sedimentarias detríticas y brechas volcánicas, prevalecen los grupos Alisoles, Acrisoles y Luvisoles (Tabla 2). Se caracterizan por presentar horizontes árgicos, calificadores cutánico y arcílico, pH ácido, drenaje bueno a imperfecto y, por ser profundos en terrazas y lomeríos suaves, a someros en lomeríos inclinados y montañas. La propiedad de diagnóstico roca continua es típica en las montañas (Tabla 3) con roca madre cercana a la superficie. La capacidad agropecuaria de los suelos es limitada por la profundidad, erosión, pendiente y relieve. En contraste, los valles acumulativos y depresiones de las terrazas desarrollan Gleysoles y Cambisoles que exhiben gleyzación por efecto del manto freático elevado y el calificador arcílico por la acumulación de sedimentos arcillosos.

En los paisajes kársticos domina el grupo Leptosol asociado a rocas calcáreas y pendientes inclinadas (Figura 2b). Las terrazas tienen mayor

Tabla 2. Características morfométricas de los paisajes geomorfológicos de Tabasco.

Paisaje geomorfológico	Grupo de suelo											
	HS	LP	VR	FL	SC	GL	CL	AL	AC	LV	AR	CM
PCP											X	
PBIL	X				X							
PP	X					X						
PFDI			X	X		X						X
PFA				X		X						
TCo						X		X	X	X		X
TK		X	X				X			X		X
VI				X						X		X
LSIV								X	X	X		
LIALL								X	X			
MIK		X								X		
MILAC								X	X			

PCP Planicie de cordones de playa, PBIL Planicie baja de inundación lagunar, PP Planicie palustre, PFDI Planicie fluviodeltaica inactiva, PFA Planicie fluvial activa, TCo. Terrazas costeras, TK Terrazas kársticas, VI Valle intermontano, LSIV Lomerío suave a inclinado volcánico, LIALL Lomerío inclinado en areniscas-lutitas-limonitas, MIK Montaña inclinada kárstica, MILAC Montaña inclinada en limonitas-areniscas-conglomerado. Suelo: HS Histosol, LP Leptosol, VR Vertisol, FL Fluvisol, SC Solonchak, GL Gleysol, CL Calcisol, AL Alisol, AC Acrisol, LV Luvisol, AR Arenosol, CM Cambisol.

Tabla 3. Relación de paisajes geomorfológicos y calificadores de los suelos de Tabasco, de acuerdo al Referencial Mundial del Recurso Suelo 2007.

Paisaje geomorfológico	Calificadores de 1er. orden						Calificadores de 2do orden						
	Gléyico	Hémico	Sáprico	Hístico	Rheico	Sálico	Léptico	Réndzico	Cutánico	Arcílico	Límico	Arénico	Esquelético
PCP												X	
PBIL	X	X	X	X	X	X				X			
PP	X	X	X	X	X								
PFDI	X									X	X		
PFA	X									X	X		
TCo								X	X	X			
Tk	X						X	X		X			X
VI									X				
LSIV									X				
LIALL									X				
MIK								X					X
MILAC							X		X				X

PCP Planicie de cordones de playa, PBIL Planicie baja de inundación lagunar, PP Planicie palustre, PFDI Planicie fluviodeltaica inactiva, PFA Planicie fluvial activa, TCo Terrazas costeras, Tk Terrazas kársticas, VI Valle intermontano, LSIV Lomerío suave a inclinado volcánico, LIALL Lomerío inclinado en areniscas-lutitas-limonitas, MIK Montaña inclinada kárstica, MILAC Montaña inclinada en limonitas-areniscas-conglomerado.

diversidad de suelos, variando de Vertisoles y Luvisoles en las planicies sobre sedimentos deluviales, a Leptosoles y Cambisoles en lomeríos suaves (Tabla 2) sobre calizas y margas; Calcisoles y Cambisoles se desarrollan en lomeríos sobre calizas-lutitas-areniscas. Estos suelos tienen pH de ligeramente ácido a alcalino, drenaje moderado a deficiente, y profundos a someros; presentan horizontes réndzicos, vérticos, cámbicos y árgicos. La propiedad roca continua y los calificadores gléyico, arcílico, léptico y esquelético, aunado al relieve inclinado, contribuyen a incrementar las restricciones

de la capacidad de uso agropecuario de los suelos (Tabla 3), a pesar de que se utilizan para pastizales y cultivos. En los valles intermontanos los suelos varían desde los Fluvisoles en el valle acumulativo, hasta los Luvisoles y Cambisoles en las laderas (Tabla 2); tienen factores limitantes similares a los suelos de lomeríos y montañas, su uso es de pastizales y cultivos anuales.

DISCUSIÓN

Los ambientes morfogenéticos determinados

PCGS y SCHG para Tabasco, son similares a las provincias fisiográficas o regiones geomorfológicas reportadas por Ortíz-Pérez *et al.* (2005) y Geissert-Kientz y Enríquez-Fernández (2011), excepto el ambiente PY de tipo disolucional en la zona este, formado por planicies kársticas sobre rocas calizas y margas con continuidad en el suroeste de la Península de Yucatán (SGM 2008). En el ambiente PCGS los paisajes de planicies costera de cordones de playa, baja de inundación lagunar y terrazas, coinciden con regiones ecogeográficas del estado de Tabasco (Ortíz-Pérez *et al.* 2005), como las unidades geomorfológico-ambientales de Balancán y Tenosique (Solís-Castillo *et al.* 2014), regiones geomorfológicas del sur de Veracruz (Geissert-Kientz y Enríquez-Fernández 2011) y paisajes costeros de la Península de Yucatán (Bautista y Palacio 2011). La zonificación de los nuevos paisajes: planicie palustre, planicie fluviodeltaica inactiva y planicie fluvial activa, con desbordamientos ordinarios de los ríos; concuerdan con las clasificaciones de Sinha *et al.* (2005), Bautista y Palacio (2011) y Solís-Castillo *et al.* (2014). En el ambiente PY se identifican las terrazas kársticas en congruencia con paisajes del sur de Campeche (Bautista y Palacio 2011). En el ambiente SCHG, el tipo de roca y la incidencia de procesos exógenos, permitió delimitar la mayor diversidad, coincidiendo con los ambientes de denudación y disolución en Tenosique (Solís-Castillo *et al.* 2014), las regiones geomorfológicas del sur de Veracruz (Geissert-Kientz y Enríquez-Fernández 2011), los paisajes de localidad y comarcas en el noroeste de Chiapas (Bollo-Manet y Hernández-Santana 2008).

Los paisajes geomorfológicos y la clasificación WRB (IUSS Working Group WRB 2007), contribuyen a explicar la distribución geográfica de los grupos de suelos del estado de Tabasco (Tablas 2 y 3, Figura 2). Las planicies sobre sedimentos holocénicos no consolidados agrupan suelos poco desarrollados con horizontes A/C o O/C con drenaje interno deficiente; de la costa al interior del continente, la secuencia de Arenosoles, Solonchaks, Histosoles, Gleysoles, Vertisoles, Cambisoles y Fluvisoles, concuerda con los estudios de Bautista y Pala-

cio (2011) y Campos-Cascaredo (2011). Los Vertisoles en la planicie fluviodeltaica inactiva, en el Plan Chontalpa, se explican por la baja deposición de sedimentos arcillosos del río Mezcalapa por más de 300 años, en razón de que en 1675 el río cambió de curso hacia el este (Salazar-Ledezma 2008), aportando su carga sedimentaria a la zona situada entre Cárdenas, Villahermosa y el Golfo de México. En las últimas décadas, al no recibir sedimentos fluviales debido al control estructural de las inundaciones y el abatimiento del manto freático por el sistema de drenaje en el Plan Chontalpa, los procesos de agrietamiento y expansión del suelo se han intensificado. Se ha favorecido la formación de Cambisoles en los diques naturales, lo que indica un desarrollo pedogenético incipiente (IUSS Working Group WRB 2007). Las características edáficas de los suelos de las planicies, determinadas por las inundaciones de agua dulce o salobre, el manto freático elevado o subsuperficial y los materiales de depósito, han sido descritas en suelos intrazonales con influencia del material parental e hidromorfismo y escasa edafogénesis (Bautista y Palacio 2011, Krasilnikov 2011).

Las terrazas costeras, lomeríos y montañas con relieves ligeramente inclinados a convexos sobre rocas sedimentarias detríticas y volcánicas intemperizadas, agrupan suelos desarrollados, perfiles A/B/C, de tipos Alisol, Acrisol y Luvisol (Tabla 2 y Figura 2a), similares a los descritos en lomeríos y montañas de rocas detríticas del sur de Veracruz (Campos-Cascaredo 2011). En cada paisaje, la distribución de estos grupos concuerda con variaciones en el relieve-modelado y las rocas detríticas, posiblemente en función de la composición mineralógica, edad y tipo de clima tropical. Esta relación es evidente en las terrazas costeras (Zavala *et al.* 2011, 2014 y Salgado *et al.* 2015), en las geoformas interfluviales bien drenadas, dominan las siguientes asociaciones suelo-bloque terraza-roca: a) Alisoles, Luvisoles, Cambisoles y Acrisoles en las terrazas de Villahermosa a Tenosique, sobre areniscas-lutitas; b) Acrisoles y Alisoles en Huimanguillo y Cactus-Nuevo Pemex, sobre areniscas-conglomerado; y c) Lixisoles, Cambisoles y Arenosoles en Balancán y Tenosique, sobre conglomerado-areniscas. La mayor

edafodiversidad en estas terrazas coincide con las superficies más antiguas (Krasilnikov 2011). El desarrollo de un horizonte árgico y los calificadores cutánico y arcílico, en la mayoría de los suelos, evidencian su estrecha relación con rocas sedimentarias intemperizadas de zonas tropicales húmedas (IUSS Working Group WRB 2007), donde la lixiviación del perfil también contribuye a la baja saturación de bases, capacidad de intercambio catiónico y acidez (Zavala *et al.* 2014). La mayor cobertura de Cambisoles y Gleysoles en los valles acumulativos y las planicies monoclinales de las terrazas costeras, las condiciones de gleyzación y el calificador arcílico, son similares a las reportada por Zavala *et al.* (2014) y Solís-Castillo *et al.* (2014), corresponden a relieves receptores de agua y sedimentos deluviales y aluviales (Cajuste-Bontemps y Gutiérrez 2011, Solís-Castillo *et al.* 2014).

En los paisajes kársticos dominan los suelos poco desarrollados, horizontes A/C, como los Leptosoles, en las montañas y algunos lomeríos. La mayor diversidad se observa en las terrazas kársticas con Vertisoles, Cambisoles y Luvisoles en las planicies, Leptosoles y Calcisoles en los lomeríos; el último grupo es evidente por la acumulación de carbonato de calcio dentro de los 100 cm de profundidad (IUSS Working Group WRB 2007). Los mismos suelos, excepto los Calcisoles, se reportan en planicies y lomeríos kársticos de la Península de Yucatán (Bautista y Palacio 2011), en montañas kársticas de Veracruz, Chiapas y Tabasco (Campos-Cascaredo 2011, Solís-Castillo *et al.* 2014). La propiedad roca continua y los calificadores léptico y esquelético son determinados por las pendientes pronunciadas de las montañas, cuya posición contribuye al escurrimiento superficial, los procesos de erosión y remoción del material superficial, ocasionando un desarrollo incipiente de los suelos y afloramientos del material parental (Solís-Castillo *et al.* 2014) (Tablas 2 y 3). En las planicies, la gleyzación y el calificador arcílico se explican por ser zonas acumuladoras de agua y

sedimentos (Cajuste-Bontemps y Gutiérrez 2011).

Los paisajes geomorfológicos contribuyen a la expresión de los factores que restringen la capacidad de uso agropecuario. Las mayores limitaciones para el uso agrícola en las planicies son por textura, salinidad, inundación y manto freático; en las terrazas costeras, valles intermontanos y lomeríos son por erosión, pendiente y relieve; en las montañas es por profundidad y en los valles acumulativos y planicies kársticas es el manto freático elevado. Estas limitantes concuerdan con las observadas en suelos de paisajes geomorfológicos similares (Bautista y Palacio 2011, Cajuste-Bontemps y Gutiérrez 2011, Sánchez-Hernández *et al.* 2013, Solís-Castillo *et al.* 2014).

CONCLUSIONES

El estado de Tabasco tiene tres ambientes morfogenéticos y 12 paisajes geomorfológicos. Los paisajes más extensos son terrazas costeras, planicie palustre, planicie fluvial activa y planicie fluviodeltaica inactiva, en el ambiente Planicie Costera del Golfo Sur. Los paisajes geomorfológicos contribuyen a explicar la distribución geográfica de los grupos de suelos en el estado. Las planicies holocénicas tienen suelos con escasa edafogénesis como los Arenosoles en cordones de playa, Solonchaks en la planicie baja de inundación lagunar, Histosoles en la planicie palustre y Fluvisoles, Gleysoles y Vertisoles en las planicies fluviales. Los paisajes de terrazas costeras, lomeríos y montañas sobre rocas sedimentarias detríticas y volcánicas, tienen mayor diversidad edáfica agrupando suelos Alisoles, Acrisoles y Luvisoles, mientras que los Cambisoles y Gleysoles se ubican en valles acumulativos. En los paisajes kársticos prevalecen los suelos del grupo Leptosol, determinado por la roca caliza y pendientes pronunciadas, que favorecen los procesos erosivos y el desarrollo edáfico incipiente.

LITERATURA CITADA

- Bautista ZF, Palacio G (2011) Geografía de suelos regional: Península de Yucatán. En: Krasilnikov P, Jiménez NFJ, Reyna TT, García CNE (Eds) Geografía de los suelos de México. Universidad Nacional

- Autónoma de México. México DF. pp: 355-405.
- Bollo-Manet M, Hernández-Santana JM (2008) Paisajes físico-geográficos del noroeste del estado de Chiapas, México. *Investigaciones Geográficas* 66: 7-24.
- Campos-Cascaredo A (2011) Distribución y caracterización del suelo. En: CONABIO (Eds). *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México DF. pp: 69-84.
- Cajuste-Bontemps L, Gutiérrez CMC (2011) El factor relieve en la distribución de los suelos en México. En: Krasilnikov P, Jiménez-Nava FJ, Reyna-Trujillo T, García-Calderón NE (Eds). *Geografía de suelos de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. México DF. pp: 73-84.
- Chapman GA, Atkinson G (2007) Soil survey and mapping. En: Chapman PEV y Murphy BW (Eds) *Soils their properties and management*. Oxford University Press. South Melbourne, Australia. pp: 109-136.
- Domínguez-Domínguez M, Zavala-Cruz J, Martínez-Zurimendi P (2011) Manejo forestal sustentable de los manglares de Tabasco. Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental. Colegio de Postgraduados. Villahermosa, Tabasco. México. 137p.
- García AMT, Lugo HJ (2003) El relieve mexicano en mapas topográficos. Instituto de Geografía, UNAM. México DF. 148p.
- Geissert-Kients D, Enríquez-Fernández E (2011) Geomorfología. En: CONABIO (Eds) *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México DF. pp: 53-68.
- Guerrero-Eufracio EG, Cruz GCO (2011) Cartografía edáfica y mapas edáficos en México. En: Krasilnikov P, Jiménez NFJ, Reyna TT, García CNE (Eds) *Geografía de los suelos de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. México DF. pp: 211-215.
- INEGI (2011a) Ortofotomapas E15B62, E15B71, E15B72, E15C17 y E15C18 escala 1: 20 000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, México.
- INEGI (2011b) Modelo digital de elevación 1:50 000. Generalidades y especificaciones. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. San Luis Potosí, México. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/Descarga.aspx>. Fecha de consulta 30 de julio de 2013.
- IUSS Working Group WRB (2007) World reference base for soil resources 2006. A framework for international classification, correlation and communication. *World Soil Resources Reports No. 103*. Rome, Italy. 132 p.
- Krasilnikov P (2011) Distribución espacial de los suelos y los factores que lo determinan. En: Krasilnikov P, Jiménez-Nava FJ, Reyna-Trujillo T, García-Calderón NE (Eds) *Geografía de suelos de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. México DF. pp: 1-35.
- Miller BA, R.J. Schaetzl RJ. (2014) The historical role of base maps in soil geography. *Geoderma* 230-231: 329-339.
- Ortíz-Pérez MA, Siebe C, Cram S (2005) Diferenciación ecogeográfica de Tabasco. En: Bueno J, Álvarez F, Santiago S (Eds) *Biodiversidad del estado de Tabasco*. Instituto de Biología, UNAM-CONABIO. México DF. pp: 305-322.
- Palma-López DJ, Cisneros DJ, Moreno CE, Rincón-Ramírez JA (2007). *Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable*. Colegio de Postgraduados, ISPROTAB, FUPROTAB. Villahermosa, México. 195 p.

- Salazar-Ledezma FLI (2008) De señor a tributario: historia breve del gran Mazapa. *Península* 3: 11-34.
- Salgado GS, Palma-López DJ, Zavala-Cruz J, Lagunes-Espinoza LC, Córdova-Sánchez S, Castelán-Estrada M, et al. (2015) Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes en palma de aceite (SIRDF): región de Los Ríos de Tabasco. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Fundación Produce Tabasco AC. H. Cárdenas, Tabasco. México. 118p.
- Salgado-García S, Palma-López DJ, Zavala-Cruz J, Lagunes-Espinoza LC, Castelán-Estrada M, Ortiz-García CF, et al. (2013) Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes en caña de azúcar (SIRDF): Ingenio Presidente Benito Juárez. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco. México. 84p.
- Sánchez-Hernández R, Mendoza-Palacios JD, De la Cruz RJC, Mendoza MJE, 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.
- Sinha R, Jain V, Prasad-Babu G, Ghosh S (2005) Geomorphic characterization and diversity of the fluvial systems of the Gangetic Plains. *Geomorphology* 70: 207-225.
- SGM (2008) Carta geológico minero: Estados de Chiapas y Tabasco, escala 1: 500 000. Servicio Geológico Mexicano. Pachuca, México.
- Solís-Castillo B, Ortiz-Pérez MA, Solleiro-Rebolledo E (2014) Unidades geomorfológico-ambientales de las tierras bajas mayas de Tabasco-Chiapas en el río Usumacinta: un registro de los procesos aluviales y pedológicos durante el Cuaternario. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 66: 279-290.
- Zavala CJ, Castillo AO, Ortiz PMA, Guerrero PA, Córdova AV, Palma-López DJ (2011) Geomorfología, suelo, uso del suelo y capacidad de uso rural y urbano en subcuencas y zona conurbada de Villahermosa, Tabasco. Colegio de Postgraduados, FOMIX Tabasco, Red Académica Sobre Desastres en Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco. México. 161p.
- Zavala CJ, Palma-López DJ, Morales GMA (2012) Clasificación de suelos de la cuenca baja del río Tonalá, Tabasco. En: Zavala CJ, García LE. (Eds) Suelo y vegetación de la cuenca baja del río Tonalá, Tabasco. Colegio de Posgraduados. H. Cárdenas, Tabasco. México. pp: 31-58.
- Zavala CJ, Salgado-García S, Marín-Aguilar A, Palma-López DJ, Castelán-Estrada M, Ramos RR (2014) Transecto de suelos en terrazas con plantaciones de cítricos en Tabasco. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 1: 123-137.
- Zinck JA (2012) Geopedología: Elementos de geomorfología para estudios de suelos y riesgos naturales. Faculty Geo-Information Science and Earth Observation. Enschede the Netherlands. 123p.