Biodiversidad en Campeche

Imagen: CONABIO.

Medio Físico

I

Jorge Mendoza Vega
Coordinador

El estado de Campeche forma parte de la península de Yucatán, constituye un bloque tectónico sin plegamientos, proveniente del Paleozoico (Burke *et al.*, 1984; Salvador, 1991). La ausencia de montañas en la península la distingue del resto del país y le proporciona su singularidad. Sin embargo, existen diferencias en el relieve entre el estado de Campeche y el resto de la península. En está sección se describe cómo el origen calcáreo de la península de Yucatán rige en gran parte la hidrología del Estado. Se describen las corrientes superficiales (las cuales se localizan en el suroeste) y las aguas subterráneas (importantes como fuente de abasto de dicho recurso, en el centro, norte, sur y este de la entidad). Se discute la calidad de las aguas, tanto superficiales como subterráneas. Se discute la importancia que tiene el estudio de las geoformas, en términos de regionalización e identificación de zonas de riesgo a contingencias ambientales y aprovechamiento de los recursos. Por último, se enumeran las subprovincias fisiográficas y los paisajes geomorfológicos en el contexto estatal. El clima de la península de Yucatán es notoriamente influenciado por los mares que la circundan (*e.g.* la posición geográfica, las corrientes marinas, los vientos dominantes, los eventos meteorológicos extraordinarios, como los huracanes, que en esta parte del país son tan recurrentes), y ayudan a definir el clima del estado de Campeche. Por otro lado, el material geológico de la península de Yucatán, determina en gran medida las características hidrológicas y edáficas del Estado. Finalmente, se dan particularidades sobre los principales tipos de suelos; su ubicación en el paisaje y en el Estado, sus características más sobresalientes, tanto ecológicas como de uso, tipos de vegetación que soportan y la importancia que tienen las geoformas en las asociaciones de los suelos.

Hidrología

Mario Rebolledo Vieyra

Introducción

Campeche forma parte de la plataforma de la península de Yucatán la cual, a su vez, es parte de la Placa de Norteamérica. La evolución geológica y tectónica de la Península está estrechamente ligada a la evolución del Golfo de México y del Caribe.

Algunas interpretaciones definen al Golfo de México y al Caribe, como material continental sumergido o como el sitio de una cuenca oceánica permanente, existente desde el Paleozoico (Burke *et al*., 1984; Salvador, 1991).

Se han hecho intentos para reconstruir la historia Paleozoica y Mesozoica de la región Golfo de México-Caribe-Atlántico Central. Existe el consenso de que el inicio de la apertura y formación de esta región, está ligada al rompimiento de la porción occidental de la Pangea (Duncan y Hargraves, 1984; Burke *et al.,* 1984; Salvador, 1991; Marton y Buffler, 1994).

La historia de apertura del Golfo de México y el Caribe no son independientes entre sí y podrían ser tratadas como un solo sistema, dado que las estructuras mesozoicas del Caribe han sido deformadas por eventos tectónicos más jóvenes —Cretácico tardío al presente– (Marton y Buffler, 1994), se tratan de manera independiente.

Las interpretaciones de cómo han evolucionado el Golfo de México y el Caribe dependen de la interrelación de las placas de Norteamérica, Sudamérica y África, así como de pequeños fragmentos de corteza continental como Yucatán, el bloque Chortis y la isla de Pinos.

En la actualidad la geología superficial de la península de Yucatán, está formada, principalmente, por sedimentos pertenecientes al Cenozoico, predominando los sedimentos de origen calcáreo que le han brindado el carácter cárstico (entendiendo como cárstico al terreno calcáreo altamente fracturado, gran número de cavidades de disolución: cavernas y cenotes) que controla la hidrogeología de la Península (figura 1).

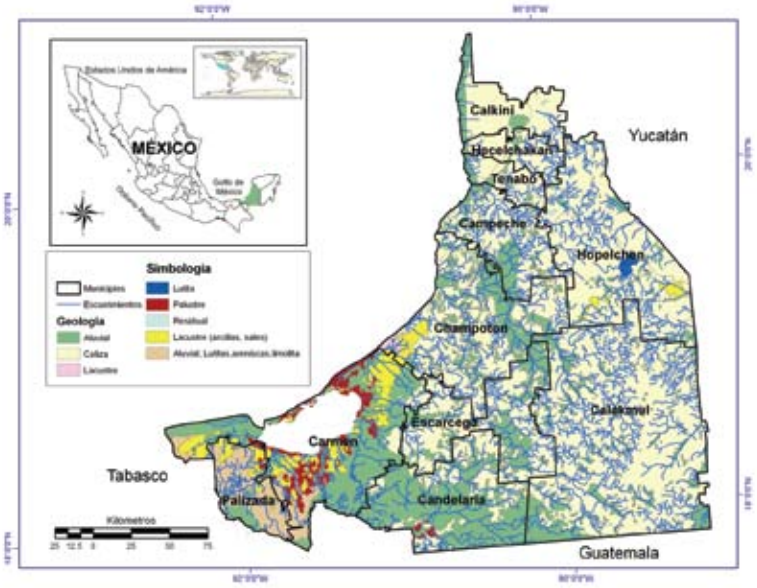

Figura 1. Cartografía de la hidrología superficial del estado de Campeche (Elaborado con base en imágenes de satélite tomadas de Google Earth). En azul se presentan los principales ríos y escurrimientos de Campeche.

Hidrología superficial

El estado de Campeche, cuenta con 4 regiones, 7 cuencas hidrológicas y 2 200 km^2, de lagunas costeras. Forma parte de lo que la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) ha denominado Región Hidrológica XII, Península de Yucatán, en la cual, 98% del territorio de Campeche ha sido dividido en dos sub-regiones: Poniente y Candelaria (figura 2). Esta última sub-región cuenta con la zona de mayor precipitación pluvial de la zona, y es una de las que presenta valores más altos en el país –1 700 y 1 800 mm (figura 3) –, con un promedio de 1 169 mm de precipitación anual (CONAGUA, 2006b).

Las anteriores características han permitido que en esta zona de la Península y particularmente en la porción sur-suroeste del territorio de Campeche, se concentre el mayor número de corrientes superficiales (ríos, lagos, lagunas y esteros).

Las corrientes superficiales de esta zona pertenecen a distintas cuencas, siendo la de mayor extensión la del sistema Grijalva-Usumacinta, seguida por las cuencas de los ríos Candelaria, Chumpán y Mamantel.

El río Palizada es el brazo más caudaloso y estrecho oriental del Usumacinta, con meandros diversos a través de una planicie aluvial baja y pantanosa, cubierta por vegetación; recibe las aguas del arroyo Blanco, sigue su curso hasta unirse con el río Viejo y desemboca en la laguna del Este, donde también desembocan pequeñas corrientes de los ríos del este —Piñas y Marentes— que finalmente salen por la Barra de Boca Chica a la laguna de Términos (tabla 1).

El río Chumpán queda aislado en la llanura, se forma por la unión de varios arroyos siendo los principales: Salsipuedes, San Joaquín y Piedad; corre en dirección surnorte y desemboca en la laguna de Términos por la Boca de Balchacah.

El río Candelaria se forma en la región del Petén, en Guatemala, con orientación de sur a norte. Ya en Campeche recibe por su margen derecho al río Caribe y desemboca en la laguna de Pargos, la cual más abajo desemboca en la laguna de Términos.

El río Mamantel desemboca en la laguna de Panlau y presenta durante su recorrido un caudal pequeño sobre la superficie del terreno. Otra cuenca importante es la del río Champotón que se encuentra al norte de la laguna de Términos. Al igual que el río Mamantel fluye sobre terreno calcáreo, con un curso corto y sin afluentes, desembocando en el Golfo de México.

El resto de las corrientes, situadas en el centro y suroeste del Estado, son temporales, pues sólo llevan agua en tiempo de lluvias. Hacia

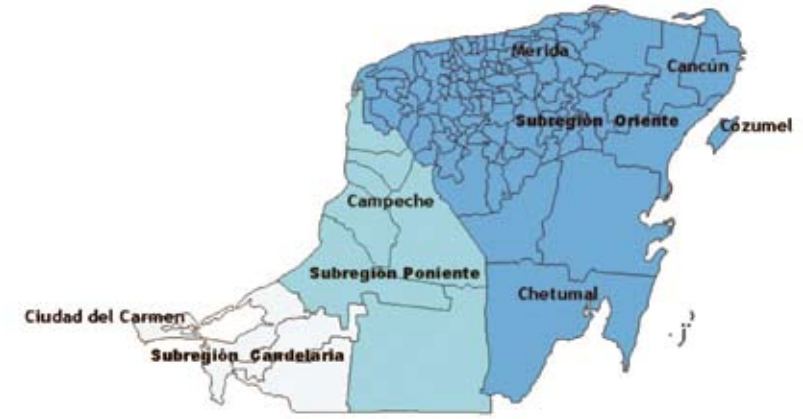

Figura 2. Región Hidrológica XII, península de Yucatán, donde se muestran la división del estado de Campeche en las sub-regiones: poniente y Candelaria (CONAGUA, 2006a).

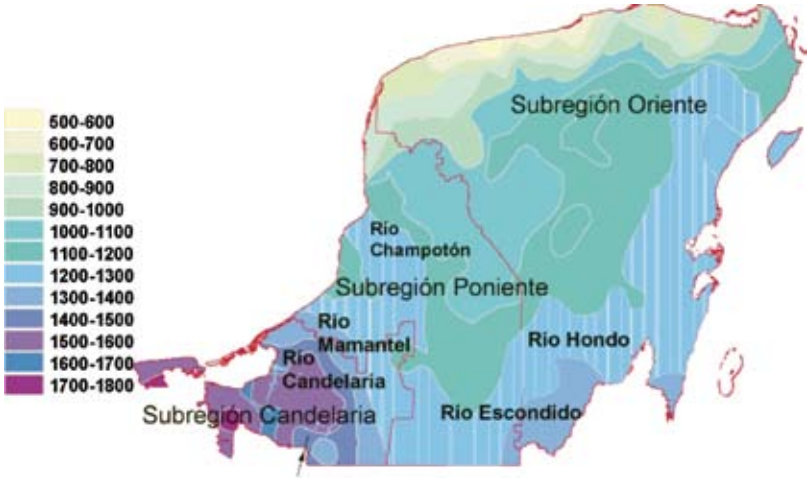

Figura 3. Mapa de la Región Hidrológica XII, donde se muestra las zonas de precipitación pluvial. La sub-región Candelaria presenta los valores mayores (1 700-1 800 mm) de la región (CONAGUA, 2006a).

Tabla 1. Descripción de la cuenca del río Palizada en el estado de Campeche.

Cuenca	Características principales
Río Palizada, brazo oriental del Usumacinta	Es caudaloso y estrecho, con sinuosidades diversas a través de un terreno aluvial bajo y pantanoso, cubierto de vegetación; recibe las aguas del arroyo Blanco, sigue su curso hasta unirse con el río Viejo y desemboca en la laguna del Este, al igual que las pequeñas corrientes de los ríos del este —Piñas y Marentes— que finalmente salen por la Barra de Boca Chica a la laguna de Términos

Fuente: Rendón-von Osten *et al*., 2008.

el noroeste tenemos el Estero de Sabancuy, formado por barreras de arena y manglar. (Rendón-von Osten *et al.*, 2008).

Del sistema Grijalva-Usumacinta, se desprende el río bajo Usumacinta, la geomorfología de éste, sugiere que ha cambiado de cauce a lo largo de su historia, probablemente como respuesta al cambio de régimen pluvial, lo cual, a su vez, ha ocasionado que se divida en varios brazos. El río San Pedro, es un brazo que deriva del Usumacinta, pasa por el poblado de Jonuta en Tabasco y desemboca directamente en el Golfo de México. Un rasgo importante es el conjunto lagunar que rodea la laguna de Términos, formando el el sistema de lagunas más importante del país; de oeste a este, se encuentran: Atasta, Pom, Puerto Rico, El Este, Del Vapor, Del Corte, Pargos y Panlau. Su formación ha ocurrido durante los últimos cinco mil años, debido a la acumulación de sedimentos transportados por los ríos que desembocan en el sistema lagunar, lo que ha generado la formación de islas en barrera alrededor de las depresiones del terreno.

En el sur de Campeche se presenta una serie de depósitos de agua conocidos en la región como aguadas o akalches. Estos depósitos se generan durante la temporada de lluvia, debido a la saturación de la zona vadosa en el subsuelo, como consecuencia de la alta precipi-

tación, este fenómeno se potencia con el aporte de los arroyos que aparecen en la misma temporada húmeda y que desembocan en dicha zona. La mayor parte de las aguadas desaparecen durante la temporada de estiaje, cuando la evapotranspiración excede a la precipitación y la zona vadosa deja de estar saturada. Los lagos Noh (Silvituc), Noha y Chama-ha mantienen sus aguas permanentemente.

Aguas subterráneas

La naturaleza cárstica de la península de Yucatán es una de las causas de que la mayor fuente de agua en la región sea el agua subterránea, donde el nivel freático se encuentra a profundidades que van de 6 m a 90 m; es esta la principal fuente de agua para todos los usos y también el principal cuerpo receptor de la precipitación que se infiltra y de las aguas residuales. A partir de los análisis y estimaciones previas de la CONAGUA (2006a), se establece que este acuífero se encuentra sobre una interfase de agua salada, con grandes espesores de agua dulce en el sur, que disminuye hasta tener capas delgadas en la línea de costa; tiene una alta dinámica de desplazamiento, y su velocidad de flujo se estima en aproximadamente 40 m/hora, alimentado por la infiltración de aguas de lluvia y los volúmenes que se descargan después de los usos superficiales. El volumen total de lluvia que se precipita en la región es del orden de 169 905.26 hm^3 al año; la mayor parte se infiltra y genera grandes volúmenes de agua que viajan a velocidades mínimas, que parten desde el punto topográficamente más alto del Estado, ubicado al sur de Xpujil.

Calidad del agua

En la Subregión Candelaria quedan comprendidas las corrientes superficiales de los ríos Candelaria y Chumpán, los cuerpos de agua epi-continentales, y las lagunas Centenario y Aquiles Serdán. Las evaluaciones de calidad del agua muestran valores que las clasifican de acuerdo al Índice de Calidad del Agua, como aguas que varían de poco contaminadas a aceptables para todos los usos, con excepción del abastecimiento, lo que indica que requieren tratamiento previo a su consumo debido al arrastre de sólidos en suspensión o disueltos en épocas de lluvias. En cuanto al estero Sabancuy, el valor del índice es aún más bajo, ya que es un sitio que tiene influencia marina y la elevada presencia de cloruros y conductividad reflejan que no es apta para ningún uso. En el caso de los ríos Champotón y Mamantel, que pertenecen a la Subregión Poniente, los valores promedio del índice de calidad para el primero de ellos proporcionan resultados de aceptabilidad del agua para todos los usos en ambas corrientes, excepto para el consumo humano, en donde se señala que es de dudosa calidad para ser ingerida, y que deberá ser sometida a una purificación previa.

La calidad del agua subterránea a diferencia del agua superficial, depende en gran medida de la composición geoquímica del material del que está constituido el acuífero de la península de Yucatán y del comportamiento hidrodinámico de los flujos subterráneos, aunado al tiempo de permanencia del agua en la matriz que la contiene. Bajo este contexto el agua subterránea de la región se encuentra distribuida en forma discontinua debido por una parte, al origen y a la conformación fisiográfica de la península y por la otra, a su estructura litológica, de aquí se deriva que la zona de recarga y a su vez de mayor precipitación, se ubica en la parte sur y central de la región, donde precisamente se localizan las elevaciones topográficas más prominentes. El agua escurre en la parte alta de la cuenca y en donde las condiciones del suelo lo permiten, para después infiltrarse en la porción media y baja a través del medio cárstico del que está constituido el subsuelo, el cual, forma parte del acuífero para luego descargar hacia el mar. La naturaleza cárstica del acuífero está dada por las características de las rocas calizas y depósitos de litoral.

La distribución de la calidad del agua se perfila de manera poco homogénea en la Península, debido a la estructura peculiar que distingue a los acuíferos cársticos y en particular a la exposición eventual del agua subterránea a través de oquedades denominadas cenotes, con esta base se pueden distinguir niveles de calidad de acuerdo a la profundidad y a las zonas donde es extraída el agua. Entre las "familias de aguas" más importantes en la región por cubrir una mayor superficie, se encuentran la cálcico bicarbonatada, ubicada en zonas preferencialmente calcáreas; la cálcico sulfatada, localizada en donde la presencia de evaporitas y yesos es dominante; y la sódica-clorurada, cercana a la costa. Como consecuencia, el agua del acuífero presenta diversos contenidos de sales disueltas según la zona donde se ubiquen que le dan al agua una dureza característica.

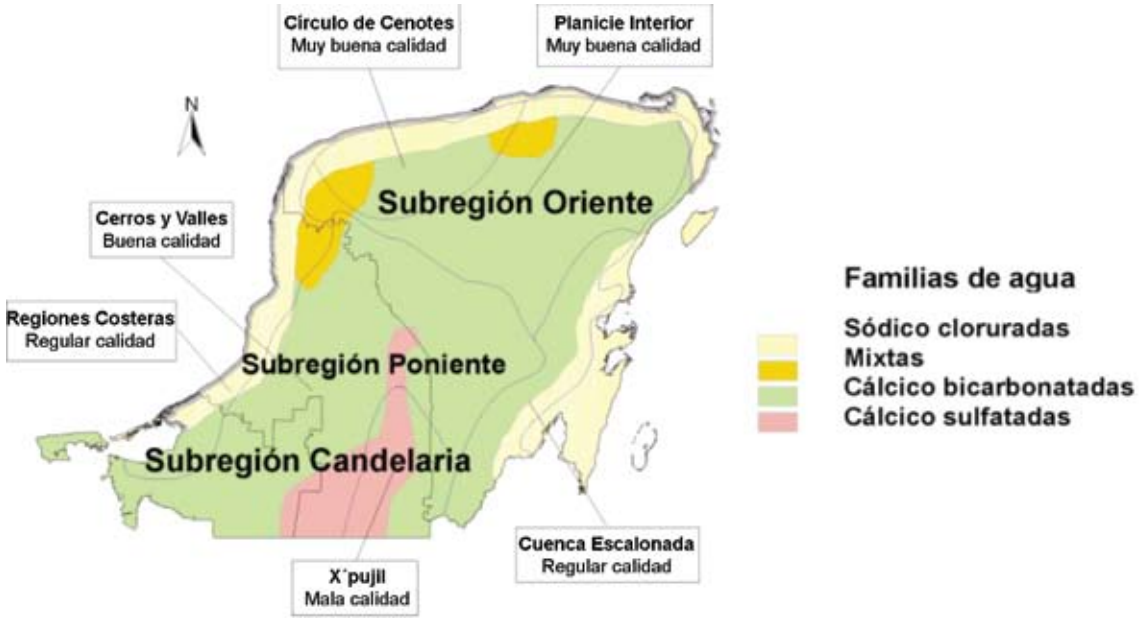

Figura 4. Mapa de la Región Hidrológica XII, donde se muestra la calidad del agua subterránea y las familias de agua. La región costera de Campeche presenta una fuerte influencia de intrusión salina (CONAGUA, 2006a).

Referencias

Burke, K., C. Cooper, J.F. Dewey, P. Mann, y J.L. Pindell, 1984. Caribbean tectonics and relative plate motions. *Geological Society of America. Memoir,* 162:31-63.

Conagua, 2006a. Programa Hidráulico Regional 2002-2006, Península de Yucatán, Región XII. SEMARNAT-CNA.

Conagua, 2006b. Estadísticas del Agua en México- SEMARNAT-CNA. 233 p.

Duncan, R.A., y R.B. Hardgraves, 1984. Plate tectonics evolution of the Caribbean region in the mantle reference frame. *Geological Society of America. Memoir*, 162;81-93.

Marton, G.,. y R.T. Buffler, 1994. Jurassic Reconstruction of the Gulf of Mexico Basin. *International Geology Review*, 36:454-586.

Pindell, J., y J.F. Dewey, 1982. Permo-Triassic reconstruction f western Pangea and the evolution of the Gulf of Mexico/Caribbean Region. *Tectonics*, 1(2): 179-211.

Rosencrantz, E., 1990. Structure and tectonics of the Yucatan Basin, Caribbean Sea, as determined from seismic reflection studies. *Tectonics*, 9(5): 1037-1059.

Salvador, A., 1991. Origin and development of the Gulf of Mexico Basin. The Gulf of Mexico Basin. Boulder, Colorado, Geological Society of America. *Decade of North American Geology*, v. J.. p. 389-444.

Rendón-von Osten, J., G. Vargas, J. Benítez, M. Memije, y V. Acevedo, 2008. Fuentes de abastecimiento y cuerpos de agua del estado de Campeche, *Jaina Boletín Informativo*, 19(1): 48-53.

Relieve

A. Gerardo Palacio-Aponte,
Francisco Bautista Zuñiga
y Mario Arturo Ortiz Pérez

Introducción

El relieve es uno de los elementos del paisaje natural que permite diferenciar el territorio en ámbitos ecológicos con cierta homogeneidad. Condiciona la movilidad de los flujos de materia y energía e induce en gran medida la distribución de las comunidades vegetales, el potencial de las actividades productivas y la ubicación preferente de los asentamientos humanos. La importancia del estudio del relieve para el estado de Campeche radica en los siguientes aspectos: a) disponer de una regionalización con una base cartográfica sólida para la correcta elaboración de los planes de ordenamiento del territorio a diversas escalas; b) identificar áreas susceptibles de inundación por huracanes, hundimiento, remoción en masa de rocas y suelo y flujos de agua; c) una correcta planeación para el manejo sustentable de la producción agrícola, forestal y pecuaria; d) un mejor desarrollo urbano e industrial; e) una mejor identificación de hábitats para la conservación de la biodiversidad.

Entre los diversos mitos con respecto a la conformación del relieve del estado de Campeche, hay uno que dice que "es plano"; pero es plano o no según la escala de observación. Si nos situáramos en un avión desde el cual podamos ver parte del territorio nacional, se compararan la diferencia de alturas entre el centro del país y la península de Yucatán, donde ésta última sí se vera plana, pues la diferencia de alturas rebasan los 3 000 m. Por otra parte, si sobrevolamos la Península en una avioneta, a menor altitud; ahora lograremos distinguir una montaña y diversos lomeríos en comparación con el estado de Yucatán que se seguiría viendo plano, por lo tanto, nos daríamos cuenta que el estado de Campeche no es tan plano como parecía ser. A esta última escala, se identifican tres ambientes morfogenéticos[1] también llamados subprovincias fisiográficas, que se describen a continuación:

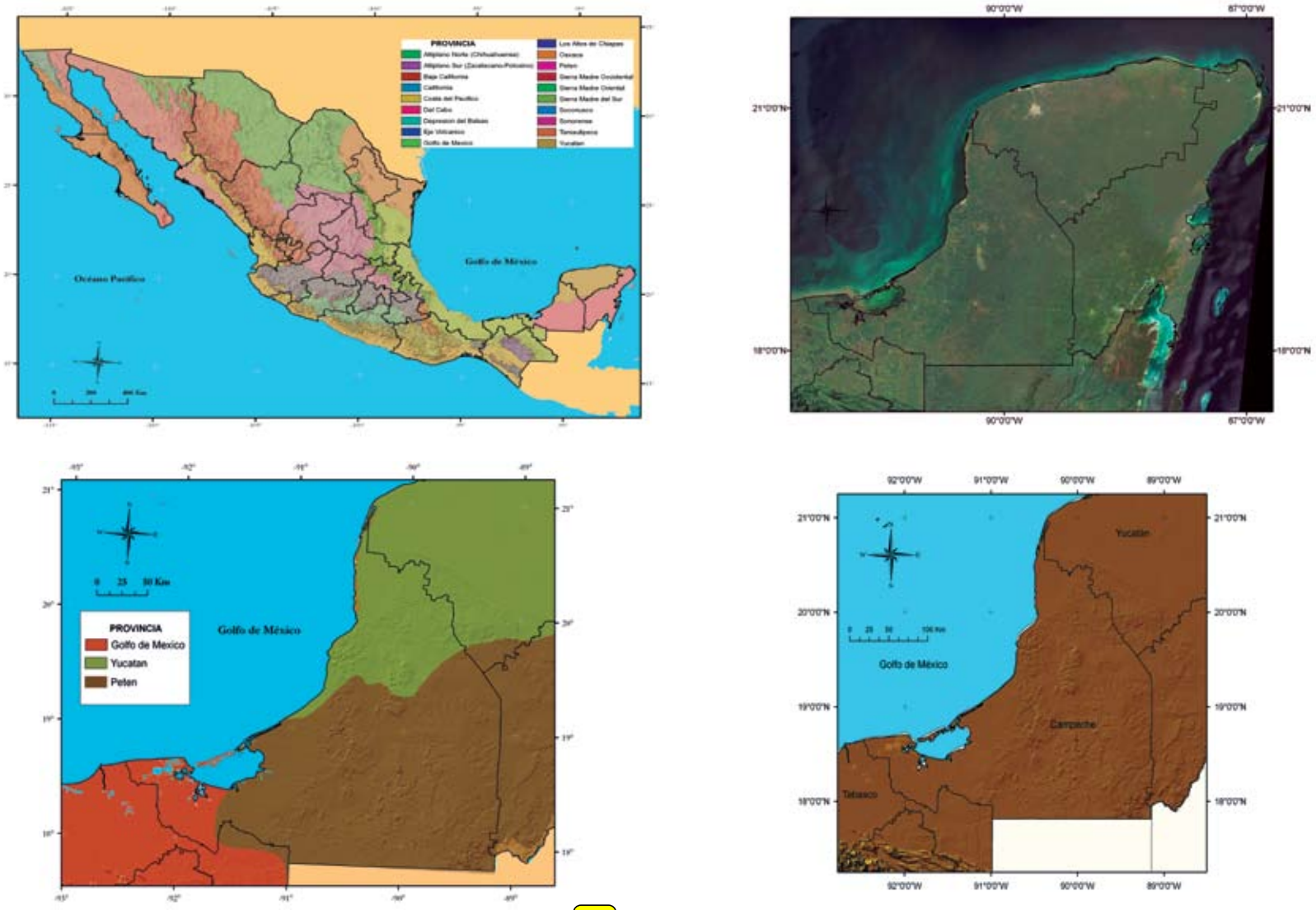

Figura 1. Provincias biogeográficas de México.

Tabla 1. Ambientes morfogenéticas y paisajes geomorfológicos (Bautista *et al.,* 2005).

Ambientes morfogenéticos	Paisajes geomorfológicos	Ubicación (Subprovincias fisiográficas)
Ambiente estructural y disolutivo.	Montaña y planicies extendidas, formadas a partir de una fractura generada por un movimiento tectónico antiguo se distinguen por estar compuestas de materiales rocosos aflorando en superficie. La planicie se distingue por su topografía baja de menos de 30 msnm, sin escurrimientos superficiales y una morfología ondulada de promontorios y hondonadas cuya superficie presenta fuerte pedregosidad debido a la fragmentación de la roca.	Al norte del Estado en los alrededores del poblado de Calkiní. Corresponde a la planicie septentrional de tierras bajas.
Ambiente disolutivo y residual.	Planicies y lomeríos karstificados con diferentes niveles altitudinales, distinta altura relativa del relieve y diversa densidad de rasgos kársticos de expresión superficial, que denotan distintas etapas evolutivas de desarrollo del karst, producto de la disolución de la caliza. Los procesos disolutivos originan planicies, planicies colinosas y lomeríos de buen drenaje, pero en ocasiones con drenaje deficiente que origina planicies de inundación de diverso tamaño rodeadas por lomeríos kársticas.	Centro y sur del Estado, región de los Chenes y Meseta se Zoh-Laguna. Corresponde a las mesetas y lomeríos centrales.
Ambiente deposicional y mixto.	Planicies bajas, menos de 50 msnm con rasgos kársticos incipientes o sepultados. La fisonomía plana propicia procesos acumulativos asociados al drenaje, en esta parte del territorio se captan los afluentes que vienen de las partes altas de Campeche, Chiapas, Tabasco y el vecino país de Guatemala.	Humedales que circundan la laguna de Términos. Corresponde a las planicies sudoccidentales.

En un acercamiento desde el extremo este del Estado hacia la costa, destacan los lomeríos de cimas planas de mayor altitud en Campeche, conocidos como Meseta de Zoh-Laguna y al centro el llamado valle de Edzná.

A continuación se describen los paisajes geomorfológicos o sistemas de topoformas del estado de Campeche de acuerdo con los números que tienen dentro del mapa (figura 2).

[1] Se utilizó el sistema de levantamiento geopedológico (Zinck, 2007) combinado con el levantamiento fisiográfico del INEGI (Quiñones, 1987) con el objeto de aclarar a los lectores que existen varias escuelas geomorfológicas

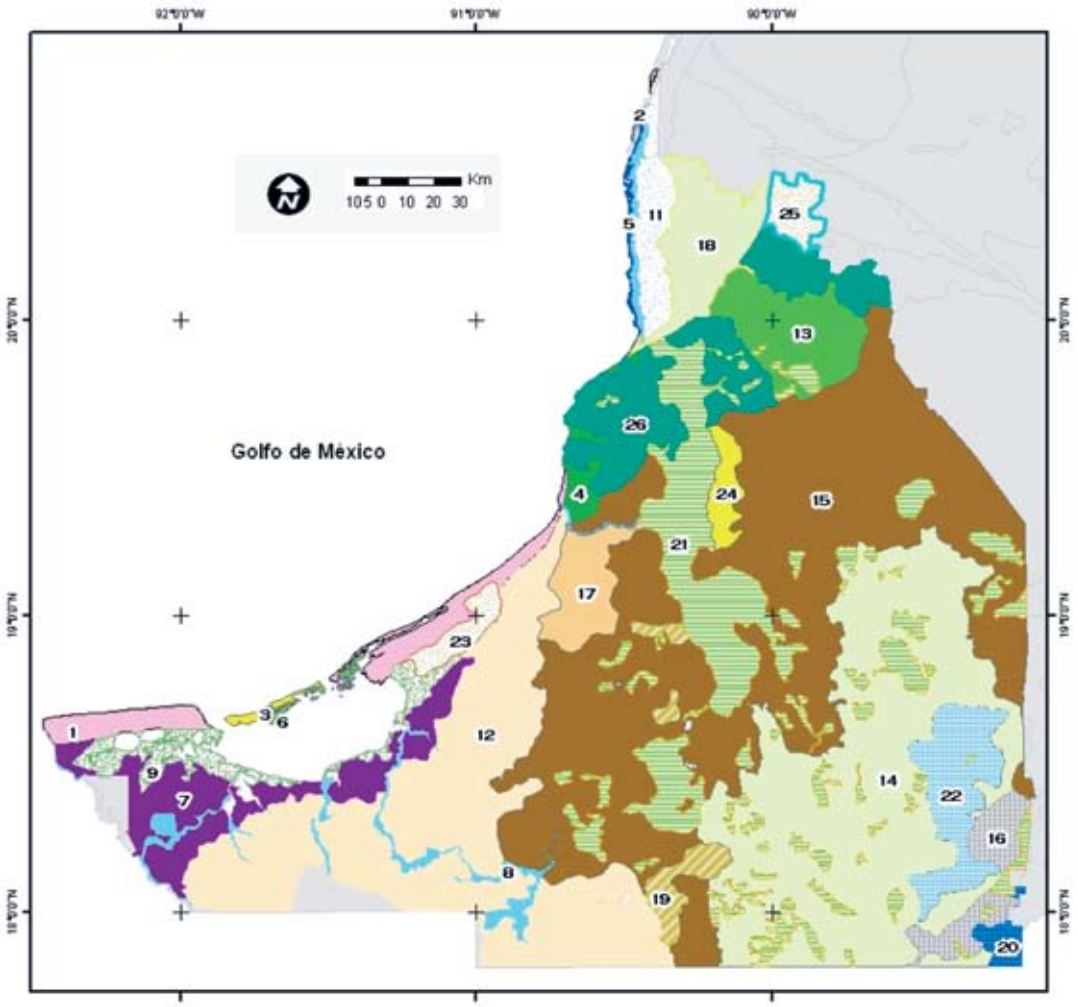

Figura 2. Paisajes geomorfológicos del estado de Campeche. En el texto se explican los paisajes geomorfológicos según su número correspondiente (Fuente: Elaboración propia).

Los paisajes geomorfológicos (sistema de topoformas) del estado de Campeche

Las *planicies subhorizontales*, son estrictamente planas y sólo presentan montículos menores de 5 m. Son de cinco tipos: a) deposicional Marino-palustres; b) deposicional fluvio-palustres; c) deposicional fluviales; d) disolutivo-deposicional es decir Kárstico-palustres; y e) disolutivo kársticas.

Marino-palustres. Se forman sobre cuencas marginales o frentes de avance deltaico en ambientes micromareales (oscilación menor a 2 m) que propician la acumulación de detritus orgánicos y minerales, y la colonización de vegetación hidrofítica y mesofítica de manglar y/o pastizales halófilos. Sobre éstas se forman esteros y canales regulados funcionalmente por la fluctuación del nivel del mar (paisajes geomorfológicos 2,4,5,6 de la figura 2).

Fluvio-palustres. Planicies acumulativas con pendiente casi nula, lo que favorece el estancamiento semipermanente o estacional de las aguas pluviales y los desbordes fluviales. Prevalece el hidromorfismo y las condiciones anaerobias en los suelos (7).

Fluviales. Planicies disectadas sobre materiales calcáreos consolidados (8) originadas por escorrentías concentradas asociadas a los efluentes del río Usumacinta y las resurgencias kársticas en San Juan Carpizo (río Champotón).

Kárstico-palustre. Sobre un karst cubierto por ciénagas, donde predominan las condiciones de inundabilidad costera y continental, se forman planicies que funcionan como cubetas de decantación (23). Debido a los altos regímenes de evapotranspiración en la época seca, sobre su superficie se origina una delgada capa blanquecina de sales. Tierra adentro, sobre estas planicies, se encuentran un conjunto disperso de resurgencias que originan islas de vegetación estructuralmente más alta, conocidas regionalmente como "Petenes" (11). Por otra, hacia el interior del Estado, se encuentran planicies inundables donde los aportes pluviales ordinarios y extraordinarios, concentrados por "torrenteras", se acumulan sobre materiales residuales resultado de la disolución de rocas carbonatadas (Palacio *et al.*, 2002). Su naturaleza prácticamente impermeable, inhibe la infiltración originando "bajos inundables" en la región de los Chenes y la región centro-sur del Estado (21).

Kársticas. Planicies donde el karst presenta expresión superficial, incluyendo microrelieve de lapiaz, depresiones someras y dolinas corrosivas. Domina la erosión hídrica superficial areal y la disolución sobre corazas calcáreas y calizas blandas (18).

Las *planicies onduladas* se presentan como relieve de transición entre las planicies colinosas y las planicies subhorizontales. De topografía rugosa por la sucesión irregular de elevaciones (menores de 10 m) y depresiones. Son de tres tipos: a) deposicional marino-eólicas; b) deposicional fluvio-deluviales; y c) disolutivo kársticas (figura 3).

Marino-eólicas. Se forman en ambientes costeros acumulativos y progradantes hacia el mar. Cuando los sedimentos confluyen en el mar, las corrientes litorales se encargan de redistribuirlos en una alternancia de camellones y depresiones alargadas. A este sistema de topoformas se le conoce como planicie de cordones litorales y puede ser modelado por el viento oceánico generando dunas móviles o estabilizadas por vegetación costera (1).

Fluvio-deluviales. Se ubica justo en la transición entre los ambientes terrígenos y los kársticos. Es una planicie estructural cubierta por el aporte de sedimentos, tanto de los lomeríos kársticos adyacentes como de los cursos fluviales que reconocen la zona de depositación y que provienen de las montañas de Chiapas (12).

Kársticas. Es un relieve complejo donde se conjuga la expresión topográfica de morfoestructuras en terrazas estructurales afectadas por disolución. Se presentan hasta 4 escarpes bajos, menores de 70 m sucesivos del continente hacia el mar, modelados por disolución.

En la base de los escarpes tectónico-erosivos donde se facilita la disolución por fracturas, se forma localmente dolinas y uvalas que tienden a permanecer inundadas (20).

Una *planicie colinosa* es aquella que presenta colinas, es decir, geoformas positivas del relieve entre 10 y 20 m con respecto al nivel de base. En Campeche existe una fuertemente karstificada, formada por calizas margosas. De manera superficial se le reconoce porque hay una fase de sedimentación con relleno de las cavidades exocársticas. Los procesos típicos son de infiltración y desplome por acción del manto freático cercano. Hay elevaciones residuales de cerros kársticos (25) (figura 3).

Un *lomerío* es un conjunto de lomas; una loma es una forma positiva del relieve con alturas de 20 a 100 m, con respecto al nivel de base. En Campeche hay lomeríos kársticos con lomas en forma de cúpulas, producto de la disolución de la roca caliza por el agua de lluvia, como el lomerío de los alrededores de la ciudad de Campeche. Representan 35% de la superficie estatal. También existen otros lomeríos con lomas aisladas (13, 15), altos disectados por barrancos (14, 16), con cúpulas de erosión diferencial (17) (figura 3).

La *montaña* es un pliegue bloque con cimas en cúpulas, con un escarpe tectónico-denudativo identificable (26). Se identifica como tal por la diferencia de altura entre el nivel de base general y la altura máxima que es de 100 m, ocupa 4% de la superficie y se localiza en el municipio de Campeche (figura 3).

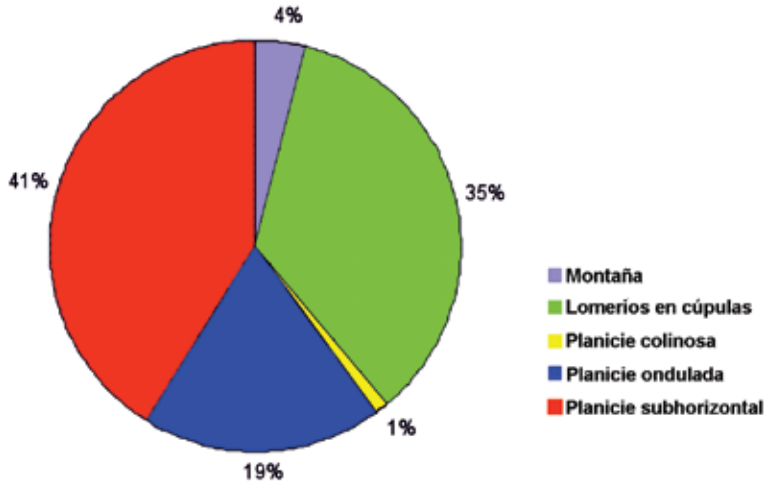

Figura 3. Porcentajes de la superficie estatal ocupada por geoformas.

A manera de conclusión

En el estado de Campeche las planicies subhorizontales presentan mayor superficie, seguidas por los lomeríos y en tercer lugar las planicies onduladas. En cuarto y quinto lugares se encuentran la montaña y la planicie colinosa, respectivamente. El reconocimiento de la diversidad del relieve de Campeche es elemental para numerosas aplicaciones. Por ejemplo, debido a que el Estado recibe la influencia de huracanes, es importante identificar aquellas zonas que tienen drenaje deficiente como las planicies subhorizontales palustres de diversos orígenes, las cuales presentan mayores riesgos de inundación (Bautista *et al.,* 2003). De la misma manera, es menester reconocer las planicies que contengan valles o cuencas debido a que son zonas con riesgos de hundimiento y colapso de la tierra, esencial a considerar en la planificación de la infraestructura urbana. Por otra parte, las planicies subhorizontales, específicamente las costeras, zonas de alta plusvalía y de importancia ecológica, también sufren fenómenos de movimiento de arena, por lo que es necesario identificar las zonas de pérdida y ganancia de esos sedimentos. Con respecto al ámbito agro-

pecuario, las formas positivas del relieve, como las que se encuentran en la montaña y en los lomeríos, constituyen una dificultad agronómica para los productores, por lo que es importante su reconocimiento para un manejo adecuado. En las planicies subhorizontales y onduladas existen montículos donde la cantidad de suelo es diferente a la contenida en las planadas o nivel de base; es imprescindible reconocer esos sitios porque se relacionan con los insumos, cantidad y tipo de energía utilizada. La agricultura moderna puede modificarse en estos sitios para lograr una agricultura de precisión o de sitio específico, que además de generar una alta productividad contribuye al cuidado del medio ambiente.

Foto: Centro EPOMEX-UAC.

REFERENCIAS

Bautista F., E Batllori, M Ortiz, G. Palacio, y M. Castillo, 2005. Integración del conocimiento actual sobre los paisajes geomorfológicos de la península de Yucatán. p. 33-58. En: F. Bautista y G. Palacio (eds.). Caracterización y manejo de suelos en la Península de Yucatán: Implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales. UACAM-UAY-INE. México D. F., México. 282 p.

Bautista F, E Batllori, M A Ortiz, G Palacio, y M Castillo, 2003. Geoformas, agua y suelo en la península de Yucatán. En: P. Colunga y A. Larque (eds.). Naturaleza y sociedad en el área maya. Academia Mexicana de Ciencias y Centro de Investigación Científica de Yucatán. Yucatán, México.

Quiñónez G. H., 1987. Sistema Fisiográfico de la Dirección General de Geografía. *Revista de Geografía*, 1(2): 13-20.

Palacio Aponte A. G., R. Noriega, y P. Zamora, 2002. Caracterización ecológica del paisaje conocido como bajos inundables. El caso del Área Natural Protegida Balamkín, Campeche. *Investigaciones Geográficas*, 49: 57-73.

Zinck J.A., 2007. Physiography and Soils. Soil Survey Course. ITC. Enschede, the Netherlands: 156 p.

Photojournal. Shaded Relief with Height as Color, Yucatan Peninsula, Mexico. http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA03379

Earth and Planetary Remote Sensing. An anaglyph of the Yucatan Peninsula, site of the Chicxulub impact structure, from Shuttle Radar Topography. The faint curve left of center is the surface expression of the crater. http://www.gi.alaska.edu/remsense/gallery/images/Chicxulub.jpg

Clima

Jorge Mendoza Vega
y Victor Manuel Kú Quej

La posición geográfica de la península de Yucatán que la ubica entre la Corriente Ecuatorial Norte y el Golfo de México, determina un contraste marcado en la temperatura de las aguas que la bañan tanto por el lado oriente como por occidente que combinado con la dirección dominante del viento y con el efecto que ejerce la superficie terrestre sobre la corriente aérea dominante, promueve un gradiente de precipitación pluvial de mayor a menor en dirección sureste – noroeste en la Península; lo que a su vez explica el cambio en los tipos de vegetación, que van desde la selva alta en Quintana Roo, hasta la selva baja y vegetación arbustiva que se observa en el extremo noroeste de Yucatán.

Otra característica climática que gobierna la estacionalidad de la precipitación pluvial es la Corriente Tropical y la Corriente del Noroeste; la primera formada por masas calientes y húmedas, procedentes del Caribe y del Atlántico Norte, causantes principales de las lluvias estivales. La corriente del noroeste está formada por distintas corrientes, pero las que tienen influencia en la región proceden de la masa continental de los Estados Unidos y Canadá, que en general son calientes y secas en estío, frías y relativamente húmedas, en invierno. Estas últimas son las que producen los "Nortes" (Contreras, 1958), los cuales son causantes de la precipitación que se presenta de noviembre a enero en la península de Yucatán. Estas corrientes (tropical y del noroeste) rigen la variación en la cantidad de lluvia que cae anualmente en toda la Península, unos años por exceso y otros por ausencia, son la causa principal de los altibajos en las actividades agropecuarias.

Adicionalmente existe otro fenómeno climático que afecta a la Península: los huracanes. Casi cada año uno o más huracanes de diferente intensidad, que se forman en el Caribe y baten las costas del Golfo de México, atraviesan la península de Yucatán.

En general, los climas predominantes en el Estado son los cálidos y muy cálidos con lluvias en verano; las precipitaciones mínimas son al final del invierno y principios de verano. La temperatura promedio

anual es de 26.2°C y la precipitación promedio anual de 1 272.8 mm. Hay presencia de canícula o sequía intraestival (reducción de la precipitación durante los meses de julio y agosto), generada por una onda de alta presión proveniente del norte que debilita a los vientos alisios, en una franja que bordea la parte noreste de la laguna de Términos, así como una porción en el norte del Estado (Gío-Argáez, 1996).

De acuerdo con la clasificación de Köepen modificada por García (1988), se presentan dos grupos climáticos en el estado de Campeche, los cálidos subhúmeos (A) y el seco (B). Orellana *et al.* (2003), detallan estos grupos, reportando cuatro tipos climáticos: el semiárido (BS), el de sabana que es el más seco de los cálidos subhúmedos (Aw), el monzónico o cálido húmedo (Am) y el cálido subhúmedo con régimen de lluvias intermedio (Ax); a su vez se dividen en ocho subtipos distribuidos en franjas concéntricas con aumento de humedad en el sentido noreste-suroeste.

En el extremo norte del municipio de Calkiní, colindando con el estado de Yucatán, se clasifica el clima como BS1(h')w(i')gw; es decir clima semiárido, el más seco presente en la península de Yucatán. El clima Aw0(i')gw, el más seco de los cálidos subhúmedos tiene influencia en el municipio de Calkiní y parcialmente en los municipios de Hecelchakán, Tenabo, Campeche y norte de Hopelchén.

Los climas Aw1(i')gw' y Aw1(i')g son climas cálidos subhúmedos intermedios, con influencia parcial en los municipios de Champotón, Hopelchén, Escárcega y Carmen. Los climas Aw2(i')g y Aw2(i')gw, predominan en el suroeste de Campeche, son los climas más húmedos de los subhúmedos con lluvias en verano y bajo porcentaje de lluvia invernal, con influencia en los municipios de Escárcega y Carmen; así como un apequeña porción en el extremos sur de Calakmul.

El clima Ax'(w1) es el cálido subhúmedo con régimen de lluvias intermedio y alto porcentaje de lluvia invernal; se presenta en la porción media y sur del municipio de Calakmul. El Am(f)(i')gw'' cálido húmedo con lluvia de verano por influencia del monzón y alto porcentaje de lluvia invernal. Se presenta en el extremo oeste del municipio de Palizada, en los límites con el estado de Tabasco, es el subtipo climático más húmedo presente en el Estado.

Los vientos que soplan sobre el Estado procedentes del noroeste se presentan fundamentalmente en los meses de noviembre a marzo. Para los meses de septiembre y octubre el viento que viene del norte tiende a alinearse en dirección este-oeste, Durante los meses de junio a agosto los vientos proceden del sureste; en mayo y abril estos vientos tienden poco a poco a orientarse en dirección sur-norte (Gío-Argáez, 1996).

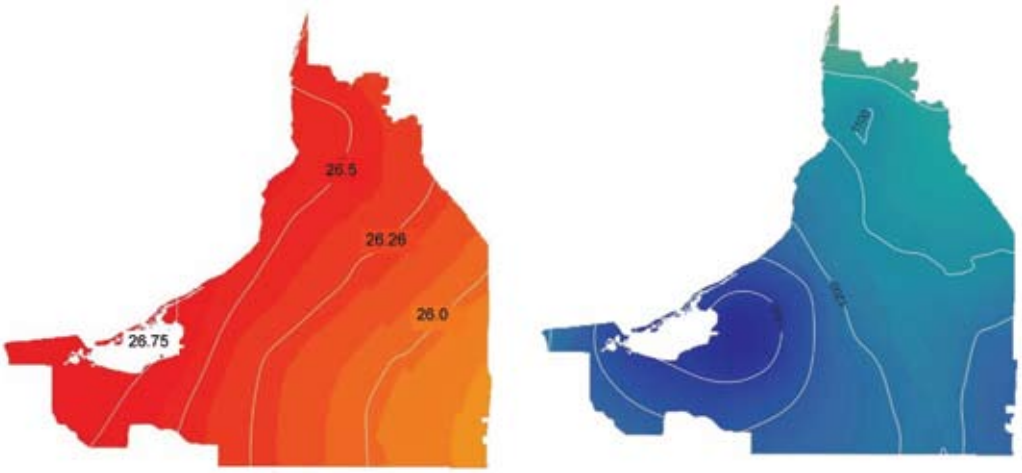

Figura 1. Mapas de temperatura (°C) (izquierda) y precipitación total anual 1961 – 1990 (derecha) para el estado de Campeche. Modificado de Orellana *et. al.,* 2003.

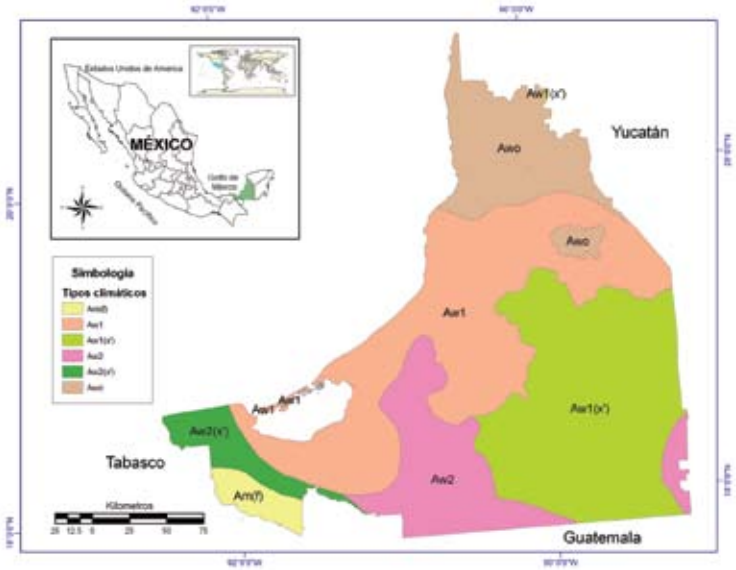

Figura 2. Principales tipos climáticos del estado de Campeche. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

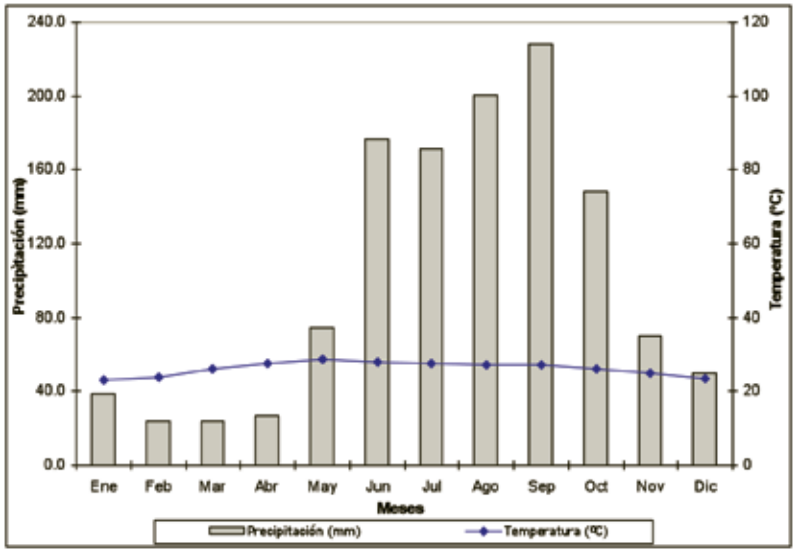

Figura 3. Temperatura y precipitación promedio del estado de Campeche. Fuente: Elaboración propia con datos de la CONAGUA, periodo de 1950 a 2005.

Referencias

CONAGUA, 2008. Normales climatológicas 1950 – 2007. Gerencia estatal Campeche. Campeche, México.

Contreras A., 1958. Bosquejo climatológico. p. 93-158. En: E. Beltrán (ed.) Los Recursos Naturales del Sureste y su Aprovechamiento. II Parte Estudios particulares Tomo 2. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, México, D.F.

García E., 1981. Modificaciones al Sistemas de Clasificación Climática de Koppen. Tercera Edición. México, D. F. 252 p.

Gío-Argáez F.R., 1996. Campeche y sus recursos naturales. Revista Mexicana de Historia Natural, A.C. Vol. Esp. 247 p

INEGI, 1984. Carta climática. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. México.

Orellana R., G. Islebe, y C. Espada, 2003. Presente, Pasado y futuro de los climas de la Península de Yucatán. p. 37-50. En: P. Colunga-García, y A. Larque (eds). Naturaleza y sociedad en el área maya, pasado presente y futuro. Academia Mexicana de ciencias. Centro de Investigación Científica de Yucatán, México.

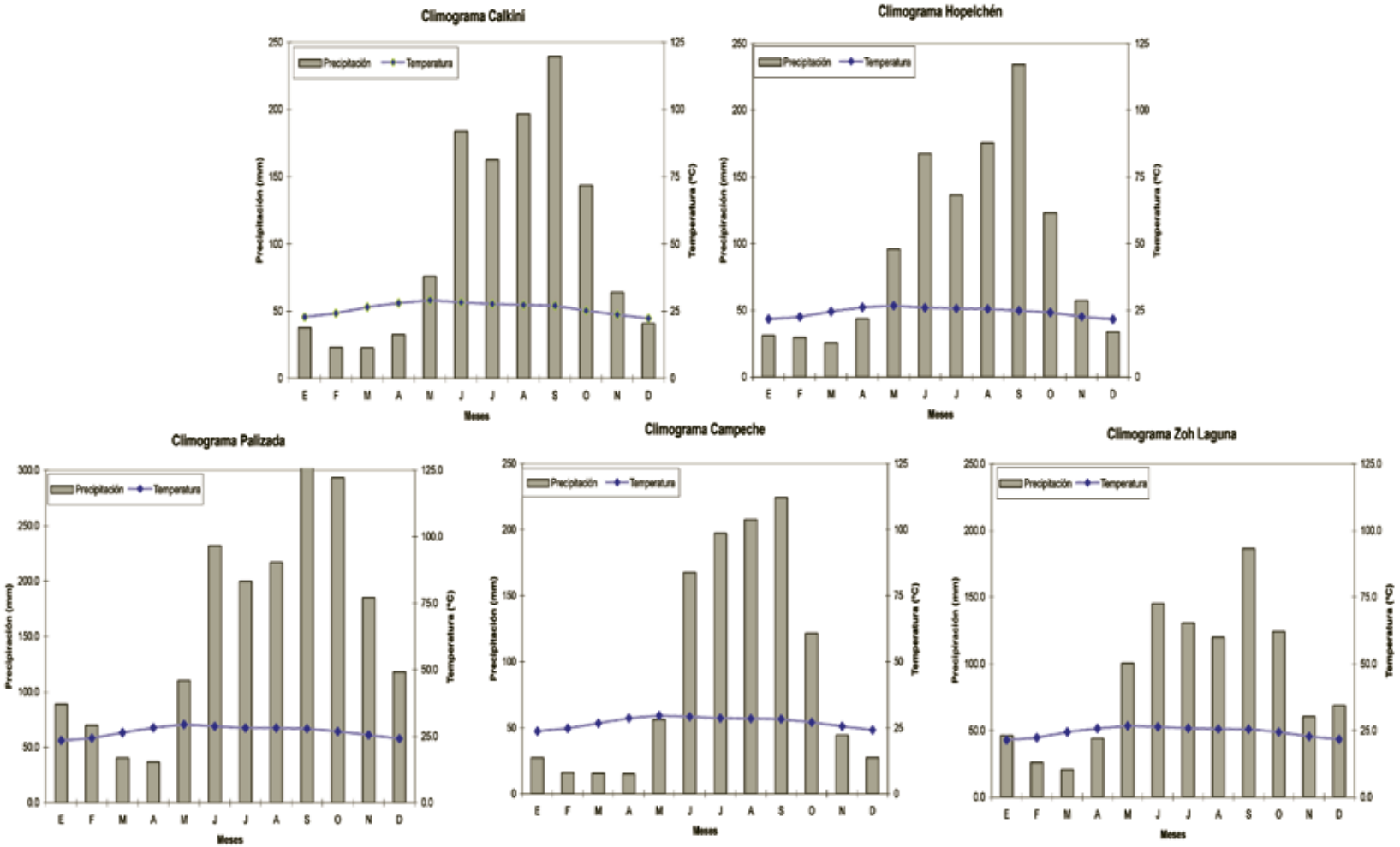

Figura 4. Temperatura y precipitación para cinco regiones del estado de Campeche: Calkiní (norte), Hopelchén (centro este), Palizada (suroeste), Campeche (centro oeste) y Zoh Laguna (sur). Fuente: Elaboración propia con datos de la CONAGUA, periodo de 1950 a 2005.

Suelos

Francisco Bautista Zuñiga
A. Gerardo Palacio Aponte
Jorge Mendoza Vega
Victor Manuel Kú Quej
Luciano Pool Novelo
y Wendy Cantarell Jiménez

Introducción

Por definición el suelo, es un cuerpo natural que se localiza en la corteza terrestre en la que la litosfera, la hidrosfera, la atmósfera y la biosfera se sobrelapan, producto de la interacción de los factores formadores de suelo, es decir, de los procesos pedogenéticos de intemperización y neoformación de minerales, descomposición y humificación de la materia orgánica, formación de estructura, translocación de materia, uso y manejo por el hombre. El suelo es frágil, no renovable en escalas de tiempo humanas, está sujeto a la degradación bajo prácticas de manejo arbitrarias. El suelo es un sistema tridimensional, dinámico, complejo y activo en el espacio y el tiempo.

La formación de un suelo es un proceso largo, de cientos a miles de años, por lo que este recurso es considerado como no renovable. Actualmente el suelo es reconocido como un ecosistema y como parte del medio biológico, ya que no hay suelo que no tenga organismos. Los conceptos cambian, de fertilidad del suelo a calidad del suelo y hoy se habla de salud del suelo e incluso de edafosfera, –la piel de la tierra- dicen los poetas.

Las funciones de los suelos son las siguientes: a) los suelos constituyen el medio natural en dónde se desarrolla la vegetación y los cultivos agrícolas; b) hábitat de organismos; c) depósito de desechos, en él se descomponen los residuos orgánicos y se reciclan los nutrimentos; c) es regulador del ciclo hidrológico; d) funciona como un reactor, filtrando, amortiguando y transformando compuestos, entre ellos los contaminantes; e) es el medio de sostén de la estructura socioeconómica, habitación, desarrollo industrial, sistemas de transporte, recreación, etc.; f) es fuente de materiales como arcilla, arena, grava y minerales; y g) es parte de la herencia cultural, contiene tesoros arqueológicos y paleontológicos importantes para conocer la historia de la tierra y la humanidad.

Recientemente se habla de la calidad del suelo en lugar de la fertilidad, debido a que se considera que la calidad del suelos es la capacidad de funcionar dentro de los límites de ecosistemas naturales o manejados para promover la productividad vegetal y animal, mantener o incrementar la calidad del aire y del agua y apoyar la salud y habitación humana (CEC, 2006).

Por la importancia del suelo a nivel mundial, regional y local, así como por sus funciones, es necesario reconocer la edafodiversidad de un estado en un contexto espacial para poder hacer un uso sustentable del territorio.

A continuación se describe cada uno de los suelos y menciona su ubicación.

Los principales grupos de suelo en el estado de Campeche

En Campeche se presenta una diversidad edáfica producto de las tres grandes zonas geomorfológicas, como son las planicies y lomeríos kársticas, las planicies acumulativas y las planicies costeras, teniendo 13 de los 32 grupos de suelos considerados en la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo 2006 (IUSS Working Group WRB, 2006).

Los Leptosoles (LP) son los suelos más comunes en el estado de Campeche, son poco profundos, ya que están limitados por roca dura continua, dentro de los 25 cm; son suelos azonales y/o sin rasgos morfológicos claramente expresados. Se encuentran distribuidos en todo el territorio estatal exceptuando la parte oeste, ubicándose principalmente en planicies y lomeríos kársticas.

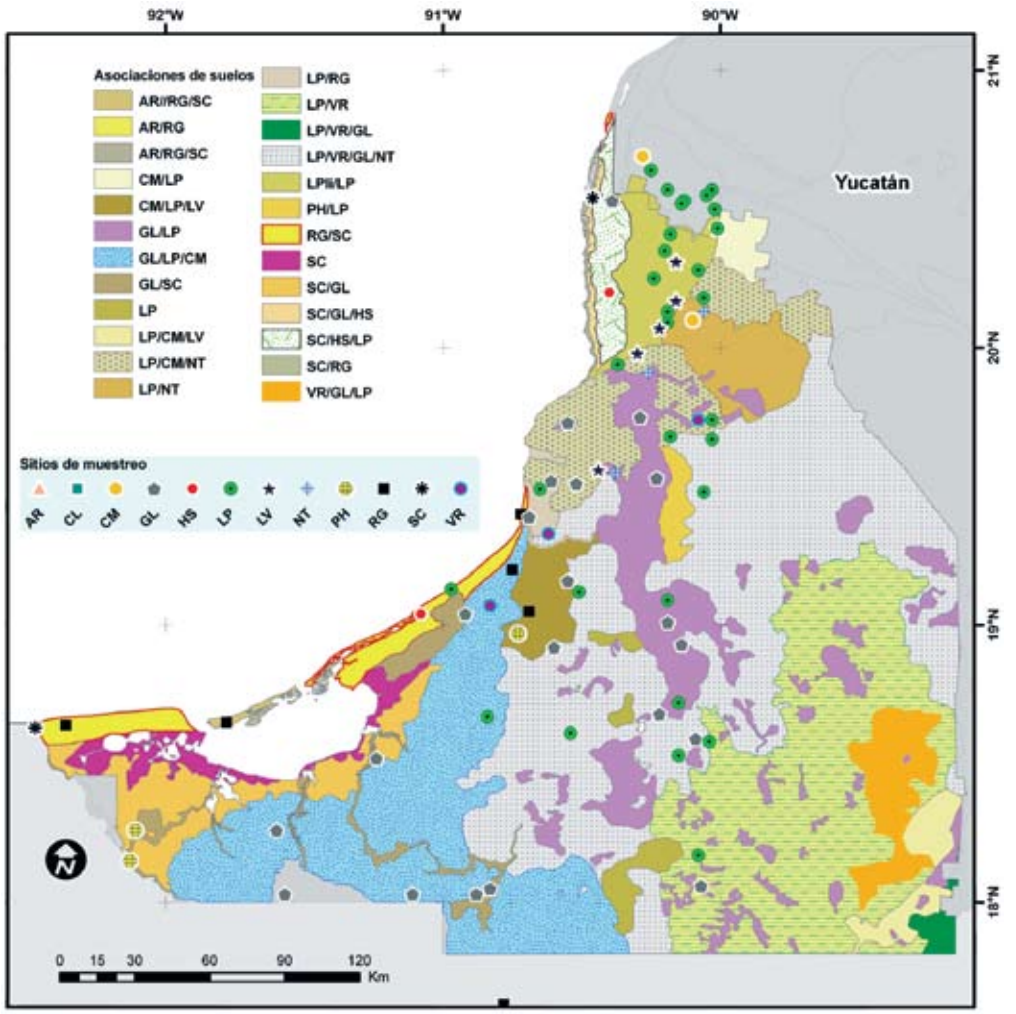

Figura 1. Mapa de suelos con un enfoque geopedológicos (Bautista *et al.*, 2005).

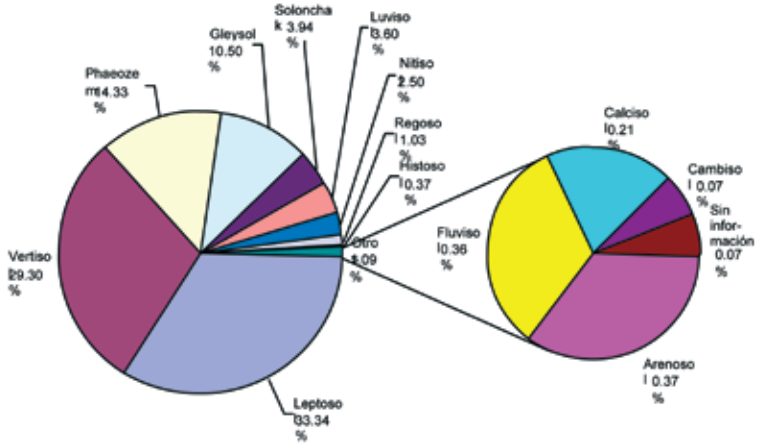

Figura 2. Porcentaje ocupado por grupo de suelo en el estado de Campeche. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie III.

Presentan vegetación de selva mediana subperennifolia y muchas veces son utilizados para el cultivo de pastos. Entre los Leptosoles que podemos encontrar en el estado de Campeche se encuentran: los líticos que apenas alcanzan una profundidad de 10 cm o menos; los rendzicos que presentan un horizonte de color oscuro dado por el contenido de materia orgánica. En términos generales son suelos fértiles, pero llegan a tener deficiencias en fósforo y manganeso debido a lo alcalino que son. Estos suelos no son los más aptos para la agricultura por su poca profundidad, alta porosidad y riesgo de erosión.

Los Vertisoles (VR) se localizan en las partes bajas del relieve. Son suelos arcillosos que presentan grietas que se abren y cierran periódicamente al cambiar las condiciones de humedad. Por su alto contenido de arcilla y relativo alto contenido de materia orgánica, estos suelos se consideran como fértiles. Están relacionados espacialmente con los Gleysoles, sólo los diferencia el grado en el que son afectados por el agua (cubiertos, inundados) en tiempo y profundidad.

En condiciones naturales, los Vertisoles presentan una cubierta vegetal de selva baja caducifolia y subperennifolia, y mediana subperennifolia. Se localizan en la parte centro y sur principalmente, correspondiente a las planicies kársticas y a las planicies acumulativas. Su principal limitación para la agricultura es el alto contenido de arcilla expansible; suelos muy pesados difíciles de trabajar tanto cuando están húmedos, muy pegajosos, como cuando están secos, muy duros. Estos suelos se deben labrar cuando tienen la humedad correcta, comúnmente la labranza se realiza al comienzo de las lluvias. La construcción de carreteras y casas sobre estos suelos no es adecuada por la expansión y contracción que presentan a lo largo del año.

El Phaeozem (PH) es un suelo que acumula materia orgánica, aunque no tanta como el Histosol, la suficiente para tener un color negro en la superficie. Es fértil, rico en nutrimentos, con más del 50% de saturación de bases a lo largo del perfil. Este grupo de suelo se desarrolla en lugares bien drenados. Se encuentra en forma dispersa, principalmente en la parte centro-oeste del Estado, en las planicies y lomeríos kársticos. Presenta una cubierta de una vegetación de selva mediana.

El grupo Gleysol (GL) se caracteriza por la prolongada saturación del suelo con agua del acuífero. Esta situación se identifica por la presencia de colores grisáceos y/o azulados en la parte baja del perfil, donde fluctúa el agua se forman motas pardas, rojas o amarillas. Se concentra en las partes más bajas del relieve con drenaje deficiente al oeste del territorio estatal. Comúnmente tiene un horizonte superficial alto en materia orgánica como resultado de las condiciones anaeróbias por las que pasa en algunos periodos del año. El grupo Gleysol esta integrado por suelos fértiles, su principal limitación para uso agrícola es su drenaje deficiente. Los Gleysoles albergan una vegetación de selva mediana subperrennifolia y tular principalmente. Se concentran

en la parte suroeste del territorio estatal, ubicados en las partes más bajas del paisaje y donde no existe un buen drenaje en climas cálido subhúmedos y húmedos (Aw2(x'), Am(f)).

El Solonchak (SC) tiene una alta concentración de sales solubles (15 dS o más) en cualquier época del año. Se localiza en las partes bajas del relieve sin drenaje o con drenaje deficiente, por lo que las sales se acumulan. En el Estado se desarrollan principalmente en la costa sur y norte. La vegetación que los cubre por lo general son manglares, matorrales y arbustos halófitos. El Solonchak tiene un potencial limitado para cultivos tolerantes a sales.

El grupo Luvisol (LV) corresponde a suelos con un horizonte Bt de acumulación de arcilla y alta capacidad de intercambio de cationes a lo largo del perfil. A diferencia de los suelos Vertisoles y Gleysoles, los Luvisoles no contienen arcillas expansibles. Estos suelos se ubican principalmente al norte del Estado en los lomeríos y planicies kársticas, en las partes bajas del relieve con buen drenaje. Son suelos sin problemas fuertes de fertilidad química, sin problemas para el laboreo mecánico y, de manera general, de buena aptitud agrícola.

Los Nitisoles son suelos profundos y bien drenados, con límites de horizontes difusos y un horizonte subsuperficial con más del 30% de arcilla y fuerte estructura de bloques angulares y brillantes. Se encuentran exclusivamente en la parte norte del Estado, en las partes bajas del relieve en las planicies y lomeríos kársticos. La cubierta vegetal es de selva mediana subcaducifolia. Son aptos para las labores agrícolas.

Los Regosoles (RG) son suelos minerales muy débilmente desarrollados, constituidos de material suelto. El desarrollo mínimo del perfil es consecuencia muchas veces de la edad joven y/o de la formación lenta del suelo. Se encuentra muy disperso en el territorio, ya que sólo ocupa el 1.04% en la parte norte y suroeste principalmente, con una cobertura vegetal de selva mediana subcaducifolia y pastizal cultivado.

Foto: Pronatura-PY.

Los Histosoles (HS) tienen material orgánico acumulado en la superficie, el componente mineral no tiene influencia significativa en las propiedades del suelo. Se encuentran al noroeste y oeste del Estado muy cercanos a la costa, contienen principalmente tejidos vegetales reconocibles, producto de la descomposición incompleta de hojas, raíces y ramas bajo condiciones de saturación de agua de por lo menos un mes en la mayoría de los años. Son poco profundos, sobreyacen a materiales calcáreos. Presentan cobertura vegetal de manglar, tular y popal. También se localizan en comunidades vegetales endémicas llamadas Petenes. Cuando se interrumpen los flujos de agua los Histosoles se degradan y se convierten en suelos salinos o Solonchak (SC) vulgarmente denominados "Blanquizales" por el color blanco de las sales y sin cubierta vegetal.

Los Fluvisoles (FL) formados por los depósitos aluviales, confinados a sedimentos de ríos, así como en depósitos marinos y lacustres. Presentan una débil diferenciación de horizontes. Se encuentra en la parte sur del estado, en las planicies acumulativas, con vegetación de selva baja espinosa principalmente.

Los Arenosoles (AR) tienen textura arenosa con más del 80% de arena a lo largo del perfil y una profundidad de 100 cm o mayor, con escasa retención de humedad y la baja fertilidad. Se localizan en las planicies costeras. Están cubiertos de matorrales, herbazales y pastizales.

Los Calcisoles (CL) integran suelos en los cuales existe una sustancial acumulación de carbonato de calcio secundario de 15% o más en un horizonte de 15 cm de espesor o mayor, así como por la presencia de un horizonte petrocalcico (carbonato de calcio solidificado). Se localizan al sur del Estado. Presentan vegetación de selva mediana subperrennifolia y pastizales.

Los Cambisoles (CM) son suelos con un horizonte subsuperficial de 15 cm de espesor o mayor diferente al horizonte C o la roca que le da origen. Se encuentran en la parte sur correspondiente a las partes bajas del relieve, junto a los Luvisoles y Leptosoles. Los usos del Cambisol son diversos, de manera general, son suelos de buena calidad agrícola manejados de manera intensiva. Se utiliza en el cultivo de pastizales.

Toposecuencias LP-VR-GL

La distribución de los suelos y los tipos de vegetación son reflejo de las condiciones ambientales inducidas por los grados de humedad determinada por el relieve en el paisaje. Las diversas condiciones, como la profundidad y la estacionalidad de la lámina de agua, favorecen la diversidad edáfica y vegetal. Las partes más elevadas con predominancia de Leptosoles donde se establece la selva baja caducifolia, los declives de los lomeríos con Vertisol que ocupa la selva baja subcaducifolia y las planicies acumulativas con Gleysol donde se encuentra la selva baja subperennifolia, conforman un mosaico con una gran diversidad de especies de plantas asociadas a esos hábitats, incluyendo las acuáticas; de las cuales algunas se encuentran bajo alguna categoría de riesgo o protección especial.

Hacia la parte este conocida regionalmente como Meseta Baja de Zoh-Laguna, se encuentran los lomeríos a 300 msnm. Las lomas presentan cimas redondeadas y cúpulas bajas típicas de ambientes cársticos tropicales, con LP de muy variados tipos, así como CM y LV en el nivel de base. La vegetación es de selva baja caducifolia, crece sobre las cimas y laderas de las lomas en LP.

Sobre las planicies onduladas de transición que interceptan el manto freático, se encuentra el Vertisol. La infiltración es de lenta a moderada de 0.5 y 12.5 cm/h respectivamente. La vegetación es de selva baja subcaducifolia, la mayor disponibilidad de humedad permite que los componentes arbóreos de la selva sean menos caducifolios. La característica más importante de este tipo de vegetación son las especies arbóreas, que no rebasan los 12 m de altura.

Las planicies semicóncavas son áreas de inundación marginal semipermanente anual y semipermanente extraordinaria. Muestran en general un drenaje deficiente, por lo que su formación está condicionada a la presencia relativa de agua. La superficie del suelo es ondulada, de manera que pequeños montículos se alternan con ligeras hondonadas. Los suelos corresponden a Gleysol con diversos calificadores.

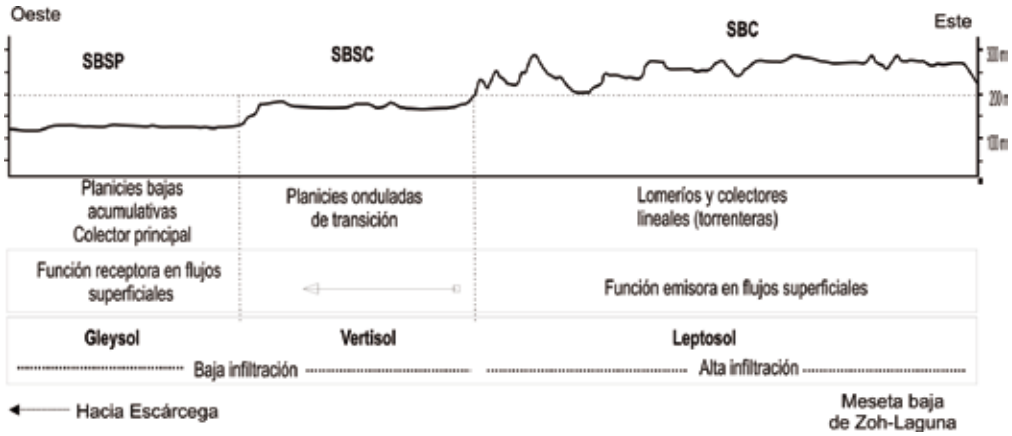

Figura 3. Relación relieve y suelos en Campeche (Palacio *et al.,* 2002).

A MANERA DE CONCLUSIÓN

El reconocimiento de la existencia del suelo, la edafodiversidad y su distribución espacial a escalas de detalle y mayores, como por ejemplo, 1:50000 y 1:20000 permitirá tener un inventario de suelos útil para la toma de decisiones en torno al manejo y conservación del suelo. El fomento de esta disciplina científica en universidades, centros de investigación, organizaciones campesinas y de productores, así como en instituciones de gobierno como la SEMARNAT y CONAFOR, por mencionar algunas, puede ser utilizado para diferentes actividades: a) la protección de las aguas subterráneas (SC, AR, HS, RG, GL); b) el mejoramiento de la agricultura moderna y tradicional (LV,CM,NT,VR,FL,GL,LP); c) la reutilización de los residuos orgánicos generados en las granjas avícolas y porcícolas, así como en los ranchos ganaderos (LV, CM, NT); d) la conservación de la biodiversidad (LP, SC,AR) y e) la elaboración de los planes estatales de carácter agrícola, forestal, pecuario, turístico y ambiental, ecológico, entre otros.

Otras recomendaciones sobre el funcionamiento del suelo y los procesos que originan a sus propiedades quedan fuera de este ensayo; sin embargo, es necesario remarcar que para hacer posible un uso sustentable de la tierra se requiere un conocimiento detallado del recurso suelo y una base teórica que lo sustente.

Foto: Centro EPOMEX-UAC.

Referencias

Bautista F., E. Batllori-Sampedro, G. Palacio, M. Ortiz-Pérez y M. Castillo-González, 2005. Integración del conocimiento actual sobre los paisajes geomorfológicos de la Península de Yucatán, p. 33-58. En: F. Bautista y G. Palacio (eds.) Caracterización y Manejo de los Suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones Agropecuarias, Forestales y Ambientales. UACAM-UAY-INE. México D. F., México. 292 p.

Commission of the European Communities (CEC), 2006. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council Establishing a Framework for the Protection of Soil. COM-232. Brussels.

IUSS Working Group WRB, 2006. World reference base for soil resources. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome.

Palacio, A. G., T.R. Noriega, y C.P. Zamora, 2002. Caracterización físico-geográfica del paisaje conocido como "bajos inundables". El caso del Área Natural Protegida Balamkín, Campeche. *Investigaciones Geográficas*, 49: 57-73.

Foto: Jorge Borroto, CONANP.