

Apéndice 1

EL MEDIO FÍSICO DE LA CUENCA MEDIA DEL RÍO USUMACINTA-MÉXICO

Arístides Saavedra Guerrero,¹ Daniel M. López López,¹ Luis A. Castellanos Fajardo²

1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CUENCA MEDIA DEL RÍO USUMACINTA

La cuenca del río Usumacinta (CU), según ha sido delimitada por CentroGeo, se localiza aproximadamente entre los 14° 50' y 18° 45' de latitud Norte y los 89° 20' y 92° 40' de longitud al Oeste de Greenwich. Cubre una superficie de 7 727 391.11 hectáreas en tres países. México posee 43.6% de la cuenca (3 369 142 ha), en los estados de Chiapas, Tabasco y Campeche; Guatemala, 56.36% (4 355 299 ha), en los departamentos de Huehuetenango, Quiché, Cobán y Petén; y una pequeñísima porción (0.04%) se ubica en la región de la Sierra Maya en Belice (Fig. A1.1).

Por sus características físicas tales como relieve, hidrología y altitud, la CU se puede dividir en tres sectores: cuenca baja (21.55%), cuenca media (48.5%) y cuenca alta (30%).

La porción de la cuenca del río Usumacinta en México (CUM) se localiza entre los 16° 2' y 18° 45' de latitud norte y los 90° 27' y 92° 5' de longitud oeste. A su vez, la CUM también puede ser dividida en baja, media y alta, que ocupan 40.1% (1 351 025.9 ha), 29.4% (990 527.8 ha), y 30.5% (1 027 588.3 ha), respectivamente (Fig. A1.2). Como se mencionó, la CUM se distribuye en tres estados de la República mexicana (cuadro A1.1).

La cuenca media del río Usumacinta en México (CMUM), objeto de este estudio, se localiza entre los 16° 2' y 17° 30' latitud norte y los 90° 27' y 92° 02' longitud oeste. El 95% (941 001.4 ha) pertenece al estado de Chiapas, y abarca los municipios de Ocosingo, Palenque, Salto de Agua, Benemérito de las Américas, Marqués de Comillas, Maravilla Tenejapa,

¹ Centro de Investigación en Geografía y Geomática "Ingeniero Jorge L. Tamayo", CentroGeo.

² Edición cartográfica, CentroGeo.

Las Margaritas y Chilón; el restante 5% se encuentra en el estado de Tabasco, en los municipios de Tenosique y Emiliano Zapata.

2. ASPECTOS DEL MEDIO FÍSICO

El presente apéndice describe el análisis físico de la región, que incluye aspectos de clima, vegetación, geología/litología, hidrografía, topografía, suelos y fisiografía de la cuenca.

2.1 Clima

En una descripción breve, el *tiempo* es el estado de la atmósfera en un momento dado. El *clima*, en cambio, es el tiempo promedio en un lugar y un periodo determinados; de una manera más precisa, se puede definir como el fenómeno natural que ocurre en la atmósfera y que se caracteriza por ser una conjunción de elementos como temperatura, humedad, presión barométrica, precipitación, brillo solar, viento y otros. El clima es, en consecuencia, vital para la salud y bienestar de los seres vivos, y su estudio —la *climatología*— es el análisis espacio-temporal de los elementos que lo condicionan y los factores que lo afectan. Además, otros factores como pendientes, corrientes oceánicas y formas y orientación del relieve, producen cambios climáticos en una localidad o región, mientras que la cobertura vegetal es causa y efecto del clima, tanto como su indicador. El clima también es fundamental en el aspecto físico-biótico por su directa influencia en la evolución de los suelos y del paisaje en su conjunto (INEGI 2008).

Elementos del clima

A continuación se presenta un análisis general de las condiciones de precipitación y temperatura en el

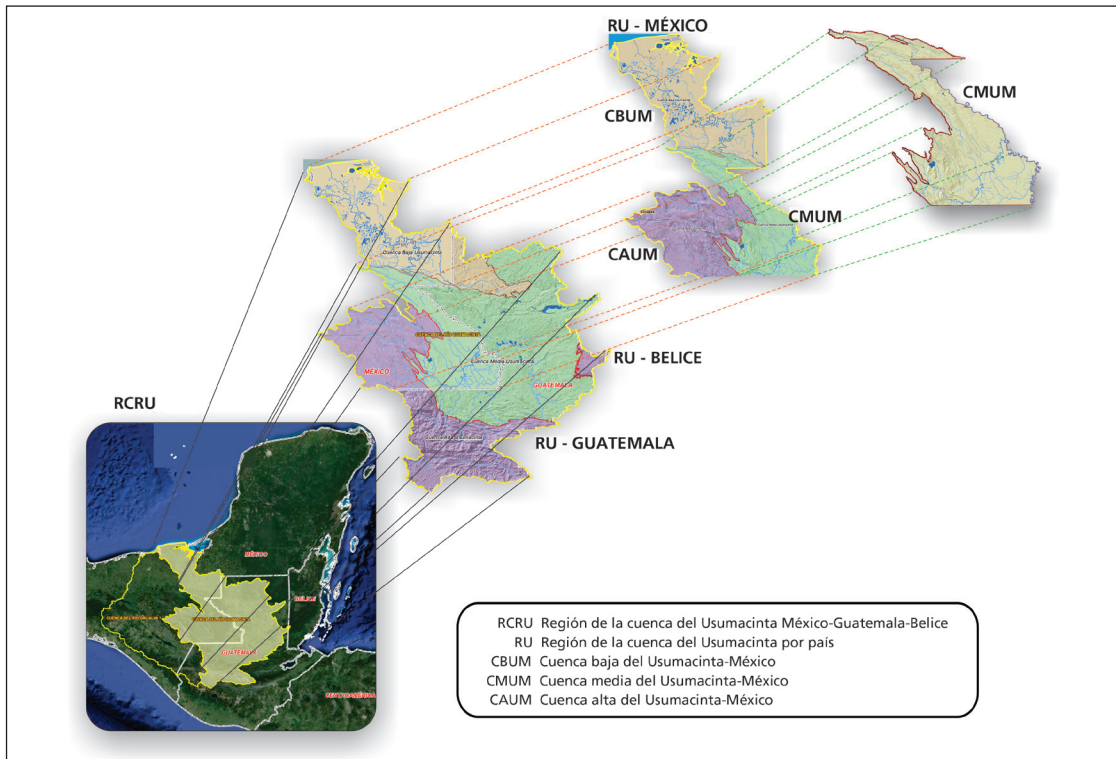


Figura A1.1 Localización de la región de la cuenca del río Usumacinta.

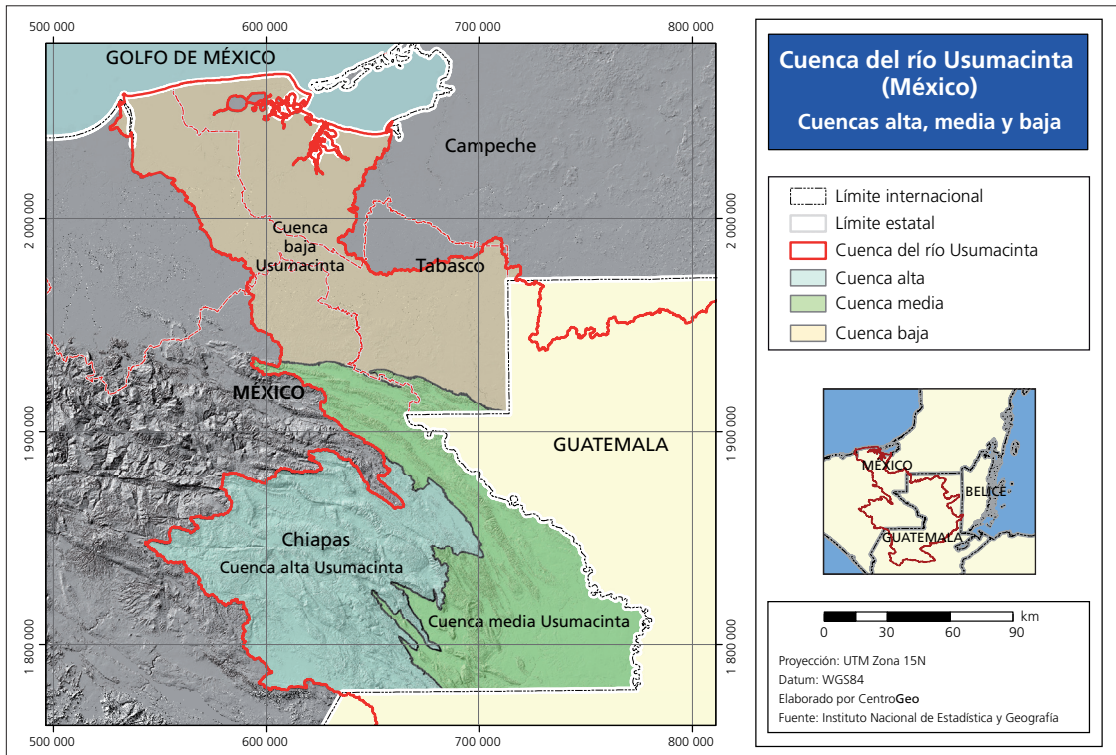


Figura A1.2 Cuenca alta, media y baja del río Usumacinta en México.

Cuadro A1.1 Participación de los estados de Campeche, Tabasco y Chiapas en la parte mexicana de la cuenca del río Usumacinta

Estado	Cuenca	Área (ha)	Porcentaje del estado en las distintas partes de la cuenca
Campeche	Baja (CBUM)	412 355.28	100.00
Tabasco	Baja (CBUM)	760 228.41	93.98
Tabasco	Media (CMUM)	49 526.39	6.02
Chiapas	Baja (CBUM)	178 285.72	8.30
Chiapas	Media (CMUM)	941 001.40	43.63
Chiapas	Alta (CAUM)	1 027 588.30	48.07
Área total		3 369 142.00	

sector de la CMUM. Este análisis se basa principalmente en la información disponible en el Atlas Climático Digital de México (ACDM), desarrollado por la Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales (Uniatmos) del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, la cual se fundamenta en las mediciones de diversas fuentes, principalmente del Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua de México, así como en información de bases climáticas del National Climatic Data Center (NCDC), mismas que fueron interpoladas considerando los efectos topográficos conforme a la base Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). La información obtenida del ACDM se procesa y se presenta en mapas con valores de precipitación promedio mensual, precipitación máxima y mínima, y los valores de temperatura media mensual, y temperaturas máxima y mínima para el periodo comprendido entre los años 1950 y 2000.

Temperatura

En la CMUM, la temperatura media anual presenta un rango de entre 19.2 y 26.7°C. La figura A1.3 muestra su distribución geográfica y su comparación con las cotas de 200, 500 y 1 000 metros de altura, lo cual nos indica la relación que existe entre este parámetro climático y la altitud. Se observa cómo se correlacionan bien la cota de 1 000 metros con las temperaturas menores de 22°C y una menor correlación de la cota de 500 metros con las temperaturas menores de 24°C. En la zona norte, las temperaturas mayores a 26°C están asociadas

a la cota 200 metros. Dos factores pueden explicar estas temperaturas: el primero, que la zona donde se presentan corresponde a depresiones interiores, y el segundo, que puede haber cierta influencia de las tierras bajas del río Usumacinta, con las cuales estas zonas colindan, y donde las temperaturas superan los 26°C.

A diferencia de la precipitación que sí presenta una marcada diferencia a lo largo del año, la temperatura promedio anual no presenta una variación importante en esta área de la cuenca (Fig. A1.4). Del mismo modo, en relación con la temperatura se presentan dos periodos que corresponden a otoño-invierno y primavera-verano, en las que las temperaturas fluctúan entre los 16.8 y 19°C y los 23 a 25.1°C para las partes altas y entre los 19 y 20.6°C y los 26.3 a 29.5°C en las partes bajas, respectivamente. Para los años considerados (1950 a 2000), la temperatura máxima registrada en el área se dio en el mes de mayo (35.9°C) y la temperatura mínima en el mes de febrero (11°C).

Precipitación

En la CMUM la precipitación media anual presenta un rango de entre 1 890 y 4 300 mm, presentándose en general los mayores valores en la zona suroeste. La figura A1.5 muestra su distribución geográfica, y su comparación con las cotas de 500 y 1 000 metros indica en algunas zonas el efecto de la altitud sobre la distribución de la precipitación.

La distribución de las lluvias a lo largo del año tiene un patrón monomodal (Fig. A1.6), con una

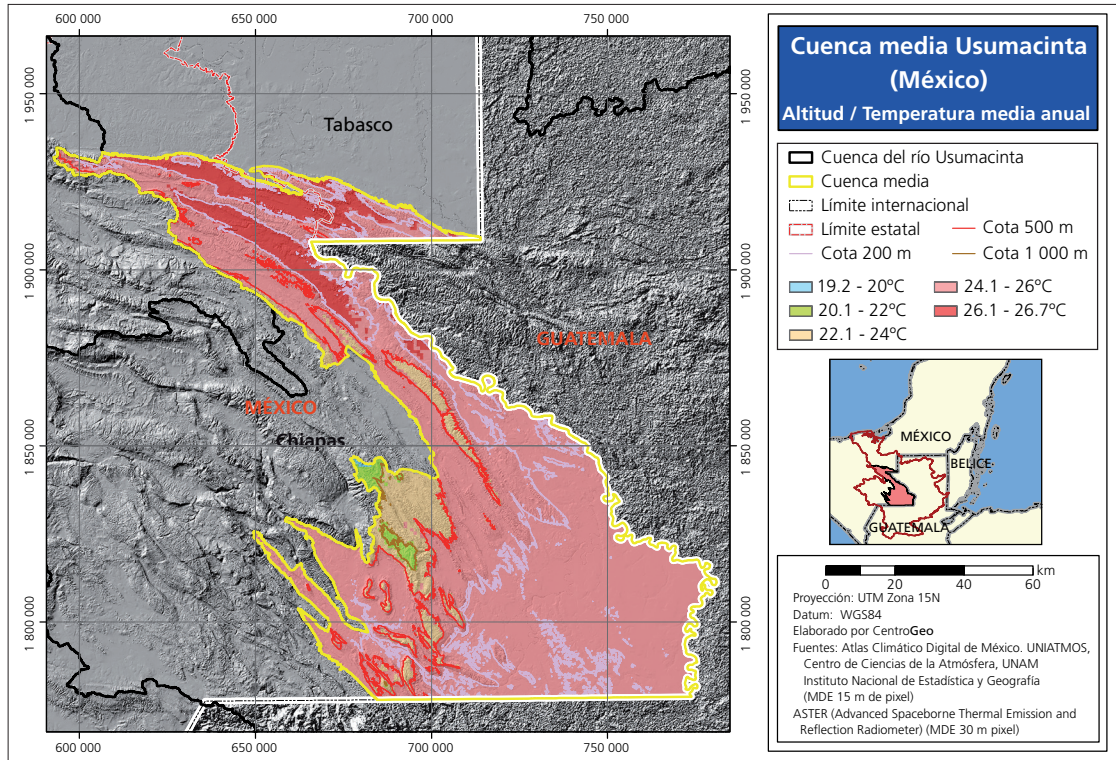


Figura A1.3 Altitudes y temperatura media anual en la cuenca media del río Usumacinta en México.

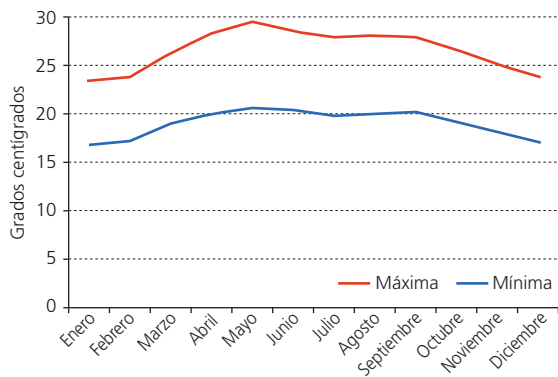


Figura A1.4 Temperatura promedio mensual en la CMUM.

estación seca bien definida entre los meses de enero a abril, siendo los meses más secos enero y marzo (precipitación promedio anual de 21 mm) y una estación húmeda que va desde mayo a diciembre, siendo el mes de julio el más lluvioso (precipitación promedio anual 762 mm). Los valores mínimos y máximos promedio de precipitación se han regis-

trado en marzo y julio, con 21 y 762 mm, respectivamente.

Tipos de clima

De acuerdo con el sistema de Köppen modificado por Enriqueta García, a continuación se describen los tipos de clima que se presentan en la CMUM (Fig. A1.7):

- (A)C(m)(f)-Semicálido húmedo del grupo C. Temperatura media anual mayor de 18°C; temperatura del mes más frío menor de 18°C y temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Precipitación anual mayor de 500 mm y precipitación del mes más seco mayor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor de 10.2% del total anual.

- (A)C(m)-Semicálido húmedo del grupo C. Temperatura media anual mayor de 18°C; temperatura del mes más frío menor de 18°C y temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Precipitación del

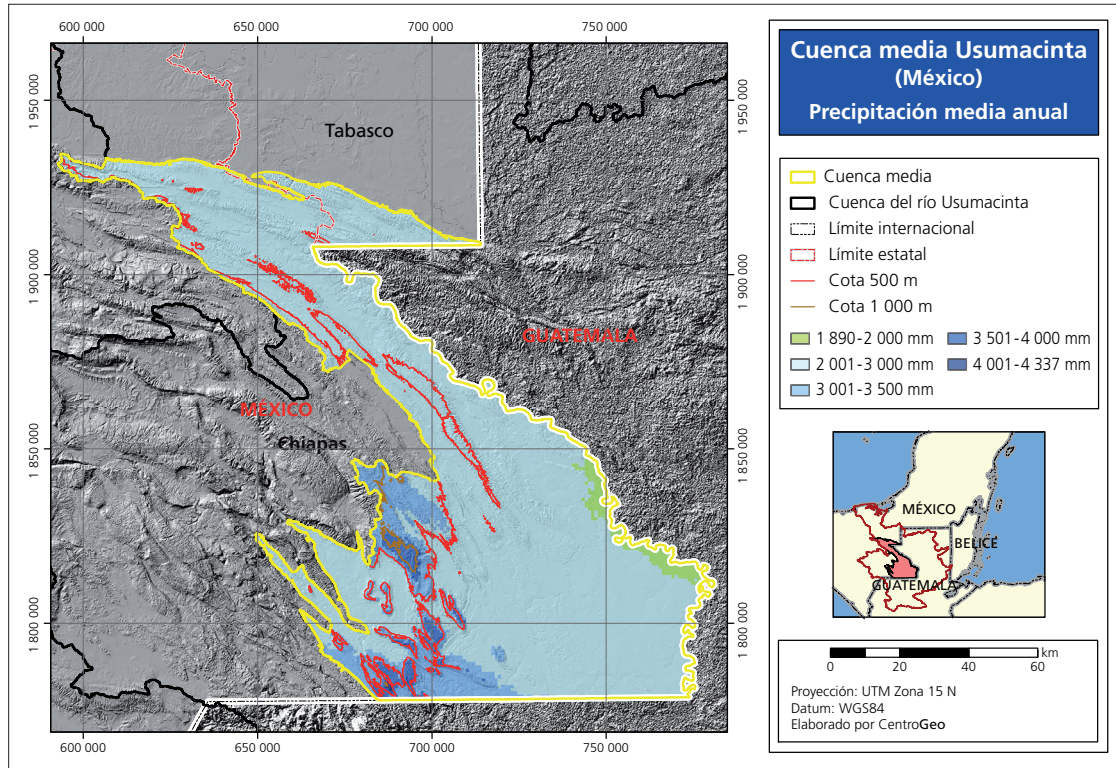


Figura A1.5 Precipitación media anual en la cuenca media del río Usumacinta en México.

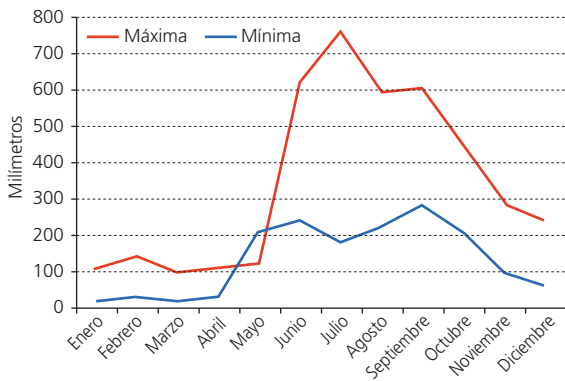


Figura A1.6 Precipitación promedio mensual en la CMUM.

mes más seco mayor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal de 5 a 10.2% del total anual.

- *Am-Cálido húmedo*. Temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco menor de 60 mm; lluvias de verano y porcentaje de precipitación

invernal de 5 a 10.2% del total anual. Este tipo de clima constituye el más representativo de la cuenca media.

- *Am(f)-Cálido húmedo*. Temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco menor de 60 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor de 10.2% del total anual.

- *A(f)-Cálido húmedo*. Temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco mayor de 40 mm; lluvias entre verano e invierno mayores de 18% anual.

De acuerdo con la propuesta climática elaborada por Saavedra (2013), la mayor parte del área se encuentra representada en la "Región climática de las tierras bajas cálidas, Unidad climática Cálido-Húmedo, Provincia de Humedad-Húmeda", con precipitaciones de entre 1 800 y 3 000 mm anuales y temperaturas promedio anual mayores de 24°C. La

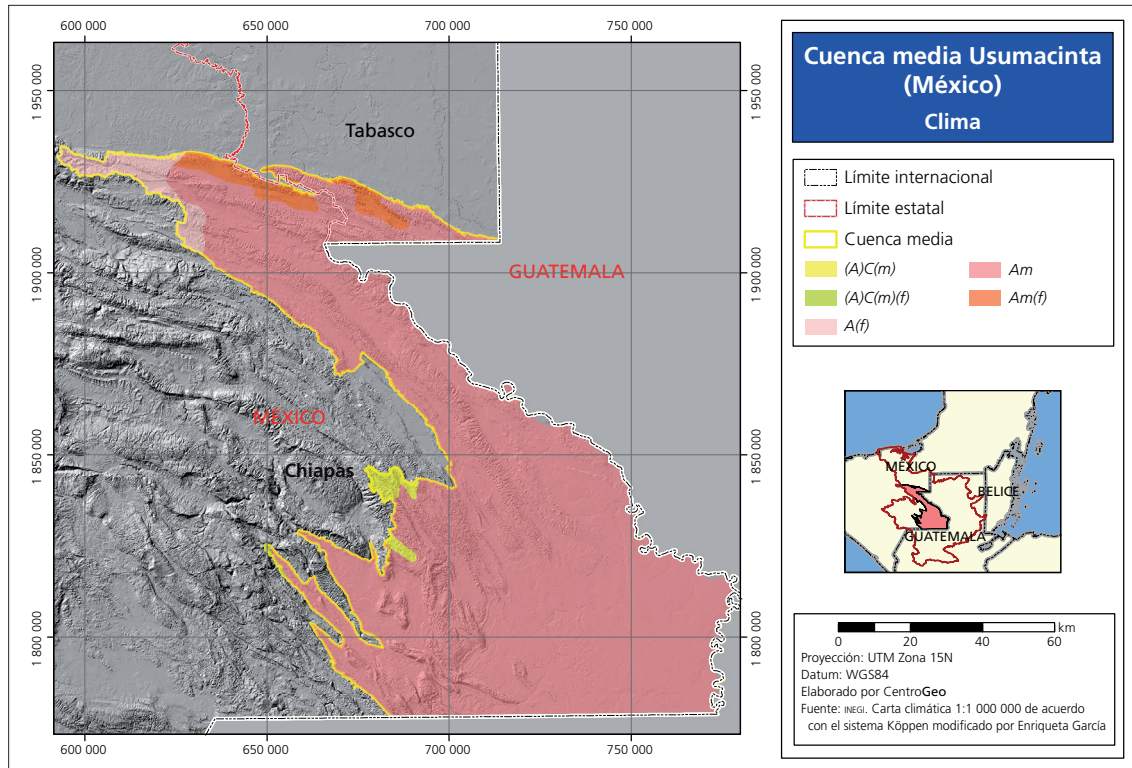


Figura A1.7 Climas en la cuenca media del río Usumacinta en México.

parte restante del área se encuentra en la “Región climática de las tierras bajas cálidas, Unidad climática Cálido-Muy Húmedo, Provincia de Humedad-Muy Húmeda”, con precipitaciones de entre 3 000 y 4 000 mm anuales y temperaturas promedio anual mayores de 24°C; en la “Región climática de las tierras medias templadas, Unidad climática Semicálido-Muy Húmedo”, con precipitaciones de entre 2 000 y 4 000 mm anuales y temperaturas promedio anual de entre 19 y 24°C y en la Unidad climática Semicálido-Pluvial con precipitaciones de entre 4 000 y 4 337 mm anuales y temperaturas promedio anual de entre 19 y 24°C (Fig. A1.8).

2.2 Vegetación

De las 17 provincias florísticas descritas por Rzedowski (1978), en la región del río Usumacinta se presentan dos: la primera, denominada Región Caribeña, que corresponde a la provincia nombrada

Costa del Golfo de México, una de las más extensas en la zona sur del país; esta se extiende en forma de una franja continua a lo largo de las partes bajas de los estados de Veracruz y Tabasco ocupando casi todo su territorio. La segunda, a la cual pertenece la cuenca media del río Usumacinta, se denomina Región Mesoamericana de Montaña, que corresponde a la provincia denominada Serranías Transísmicas, abarca las montañas de Chiapas y continúa más allá de la frontera de México sobre las partes elevadas de la mitad septentrional de Centroamérica.

Para describir en forma general el tipo de vegetación presente en la CMUM situada al sur del país en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala, se hace hincapié en este apéndice a la región en referencia descrita por Rzedowski.

En el mapa de vegetación potencial (Fig. A1.9) (Instituto de Geografía, UNAM 1992) se presentan

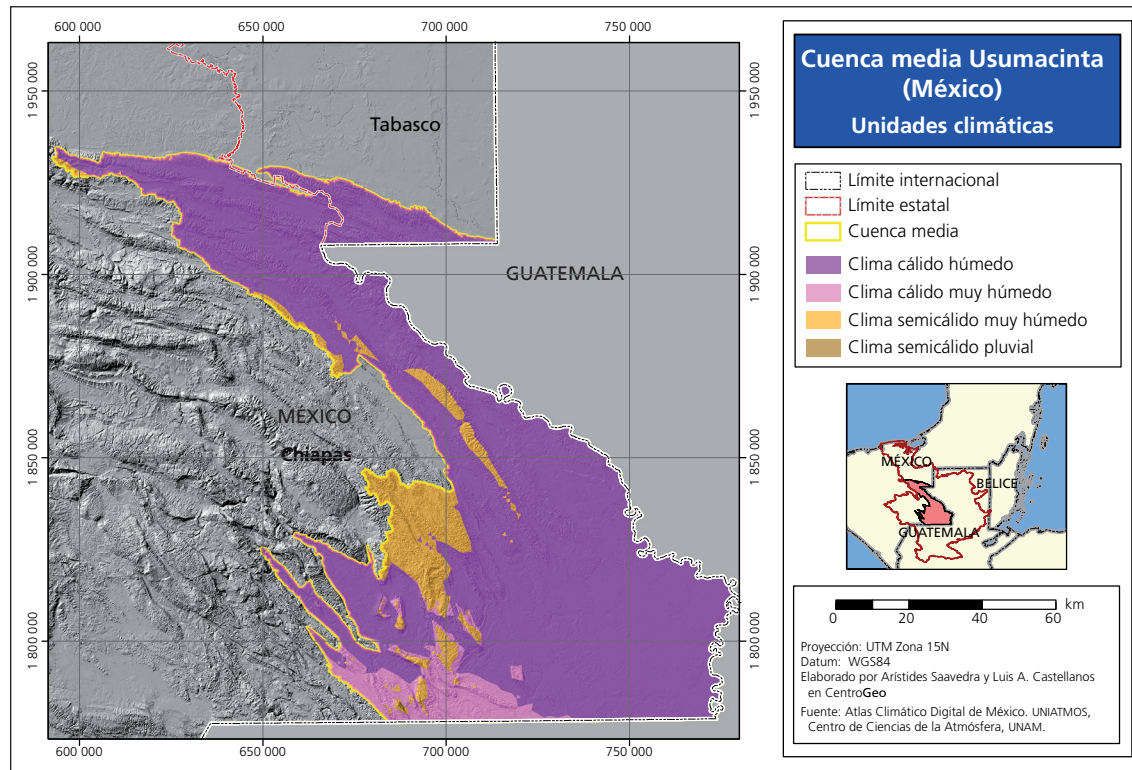


Figura A1.8 Unidades climáticas en la cuenca media del río Usumacinta.

las formaciones vegetales que se encuentran en la CMUM: selva alta perennifolia o bosque tropical perennifolio; selva alta o mediana subperennifolia; selva baja; vegetación riparia, y el bosque de coníferas y encinos (*Quercus* sp.). A continuación se describen de manera general los tipos de vegetación que se presentan:

Selva alta perennifolia
o *Bosque tropical perennifolio*

También conocido como selva lluviosa (tropical rainforest), es uno de los ecosistemas de mayor productividad y biodiversidad en el mundo (UNAM 2011). El ambiente de estos ecosistemas es cálido húmedo y muy húmedo, un medio que favorece el desarrollo de una gran variedad de especies vegetales de estratos arbóreos, las cuales se encuentran en altitudes menores a los 1 500 msnm, con temperaturas promedio anuales mayores de 24°C y precipitaciones anuales mayores a los 1 500 mm.

Son ecosistemas de composición florística muy variada y rica, de vegetación densa y estructura compleja. De acuerdo con la UNAM (2011), en el sur de México se llegan a encontrar 267 especies de plantas por hectárea, de las cuales 160 son árboles y la mayoría de estos (más de 75%) permanecen verdes todo el año, aunque algunas especies tiran su follaje durante la floración.

Las partes altas de esta selva llegan a alcanzar más de 40 m de altura; predominan árboles de más de 25 m de altura, que permanecen verdes durante todo el año como *Manilkara zapota* (chicle o chicozapote) o *Bernoullia flammea*, árbol de hasta 30 m de alto y diámetro del tronco a la altura del pecho (DAP) de hasta 2 m. Acompañan a estas especies arbóreas de gran tamaño sobre su dosel una gran variedad de especies trepadoras, epifitas, helechos y lianas (Orquidáceas, Aráceas y Bromeliáceas), las cuales confieren a estas comunidades vegetales su particular fisonomía (Rzedowski y

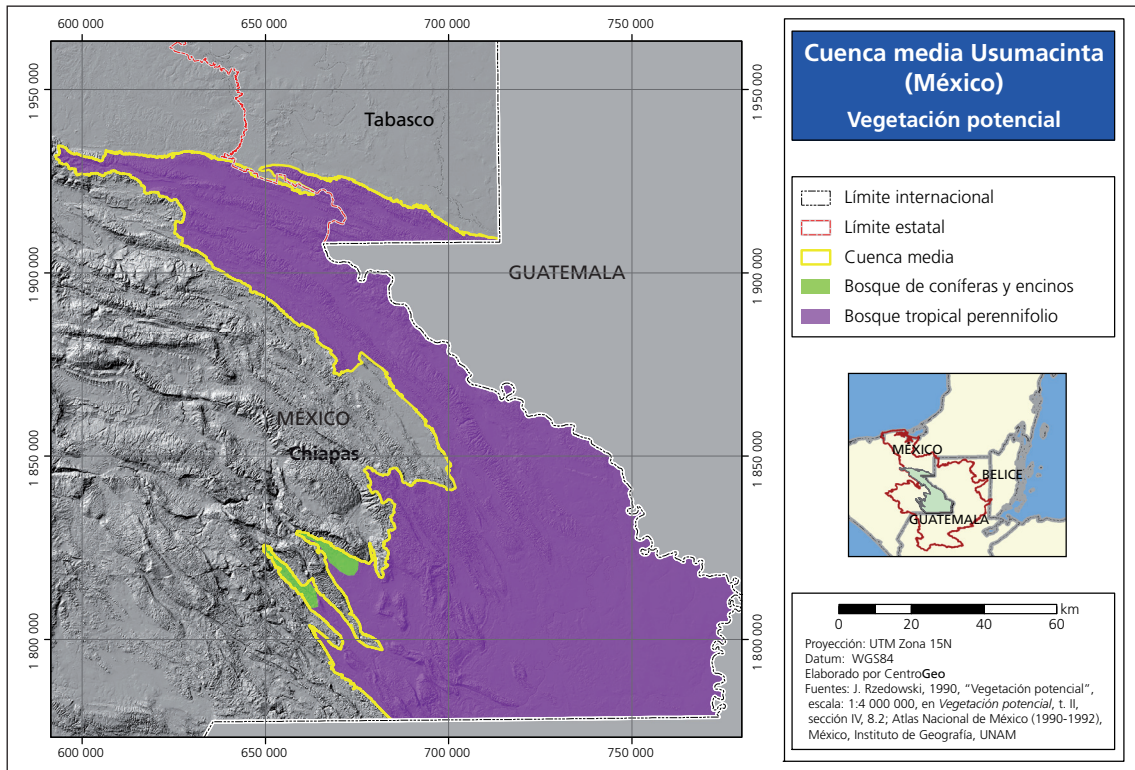


Figura A1.9 Vegetación potencial en la cuenca media del río Usumacinta en México.

Equihua 1987); conforman un estrato de vegetación denso que impide la entrada de luz al suelo y con ello inhibe el desarrollo de otras especies vegetales. Como ya se mencionó, aunque la composición florística del bosque tropical perennifolio es muy variada y rica en especies, llama la atención que pocas de ellas son endémicas.

Estructuralmente se presentan estratos arbóreos relativamente definidos, uno superior localizado por encima de los 30 m, uno medio de entre 15 y 30 m y el inferior de 5 a 12 m. Las principales especies del estrato superior son: *Cedrela odorata* (cedro), *Swietenia macrophylla* (caoba), *Schizolobium parahyba* (plumillo), *Ceiba pentandra* (ceiba), *Spondias mombin* (jobo), *Terminalia amazonia* (sombbrero o canshán), *Dialium guianense* (guatepeque), *Gutteria anomala* (palo de zope o chombo), *Aspidosperma megalocarpon* (chiche Colorado o bayaleta), *Chaetoptelea mexicana* (olmo), *Talauma mexicana* (flor del corazón o magnolia),

Calophyllum brasiliense (palo maría o leche amarilla), *Licania platypus* (sunzapote-palo blanco), *Ficus* spp. (amates), *Pseudolmedia oxyphyllaria* (manash), *Sideroxylon* sp. (zapotillo), *Dipholis stevensonii* (guaité), *Brosimum alicastrum* (ramón), *Tapirira macrophylla* (ujtui), *Alchornea latifolia* (cotón de caribe), *Sterculia apetala* (bellota), *Tabebuia rosea* (maculis o palo de rosa o roble blanco), *Annona scleroderma*, *Erblichia xylocarpa*, *Manilkara achras*, *Vochysia hondurensis*, *Chrysophyllum mexicanum* (chililté).

Las especies que caracterizan al estrato medio son: *Guarea glabra*, *Stemmadenia donnell-smithii*, *Annona scleroderma*, *Trophis mexicana*, *Pleuranthodendron mexicanum*, *Alseis yucatanensis*, *Inga sapindoides*, *Hymenaea courbaril*, *Dracaena americana*, *Malmea depressa*, *Cymbopetalum penduliflorum*, *Nectandra* sp., *Quararibea funebris*, *Ampelocera hottlei*, *Bursera simaruba*, *Pimenta dioica*, *Swartzia cubensis* y *Attalea liebmannii* (corozo).

Algunos otros géneros y especies de plantas representativas tanto de estrato superior como medio son: *Cedrela mexicana* (cedro rojo), *Enterolobium cyclocarpum* (parota o guanacaste), *Albizia longepedata*, *Ficus cotinifolia*, *Bumelia persimilis*, *Belotia mexicana*, *Bursera simaruba*, así como varias especies de *Ficus*, junto con distintas especies de lianas y epífitas.

El estrato inferior está constituido, aparte de los árboles y arbustos, por plantas herbáceas umbrófilas de grandes hojas verde oscuro, palmas frecuentemente espinosas y siempre con hojas pinnadas y platanillos. Las especies componentes de este estrato son: *Rinorea guatemalensis*, *Psychotria chiapensis*, *Protium copal*, *Bactris baculifera* (jaguacte), *B. trichophylla*, *Alibertia edulis*, *Siparuna andina*, *Miconia ampla*, *Trichilia glabra*, *Chamaedorea elegans* (xate), *Ch. oblongata*, *Ch. tepejilote*, *Astrocarium mexicanum*, *Calathea macrochlamys* (topimil), *Heliconia collinsiana* (platanillo), *Piper aduncum* (ordoncillo), *Cryosophila argentea* (palo de escoba), *Swartzia guatemalensis*, *Nectandra* sp., *Bellucia grossularioides*, *Mollinedia guatemalensis*, *Amphitecta apiculata*, *Cymbopetalum penduliflorum*, entre otras.

Una forma de vida típica de estas comunidades vegetales son los bejucos y plantas trepadoras cuyos tallos pueden alcanzar grosos considerables, entre los cuales destaca *Doliocarpus dentatus*. Otra forma de vida característica de la selva alta perennifolia son las bromeliáceas, aráceas y orquidáceas, caracterizadas principalmente por *Anthurium flexile*, *Monstera tuberculata*, *Syngonium angustatum*, *Aechmea tillandsioides*, *Tillandsia fasciculata*, *Vriesea heliconioides*, *Gongora maculata* y *Vanilla planifolia*.

González-García (1993) menciona la vegetación secundaria presente como resultado de las perturbaciones de las selvas altas y medianas, las cuales se caracterizan por especies arbóreas que frecuentemente se presentan en los acahuals como: *Apeiba tibourbou*, *Belotia campbellii*, *Bixa orellana*, *Bursera simaruba*, *Cecropia obtusifolia*, *Cordia alliodora*, *Guazuma ulmifolia*, *Heliocarpus donnell-smithii*,

Muntingia calabura, *Ochroma lagopus*, *Trema micrantha* y *Trophis racemosa*, entre otras.

Es importante señalar que el mapa de uso potencial que se presenta¹ es simplemente ilustrativo para la temática de vegetación, ya que fue elaborado para el conjunto de la nación y, por lo tanto, es muy general para la CMUM.

Selva alta o mediana subperennifolia

En este tipo de vegetación se agrupan varias comunidades vegetales con características intermedias en su fisonomía y en sus requerimientos climáticos entre el bosque tropical perennifolio y el bosque tropical caducifolio. En tal virtud, muchas de sus características corresponden a algunas de las formaciones mencionadas o bien se encuentran a medio camino entre ambos. Desde el punto de vista de su fisonomía y estructura en general se parece a la primera, pero la fenología lo asemeja a la segunda (Rzedowski 2006).

Este tipo de vegetación se encuentra en parte del sector centro y sur de la Reserva de la Biosfera Montes Azules, donde la altura de la masa forestal dominante está entre los 15 y 25 m, debido a las características físicas (suelos, pendientes) del medio donde se desarrollan, que no permiten la proliferación de árboles muy grandes. Derivado de lo anterior, los diámetros de los troncos pueden ser semejantes en promedio a los de la selva alta, pero por lo general no alcanzan DAP mayores de 2.5 m. Se destacan algunas especies por su importancia como *Castilla elastica* (hule), *Bernoullia flammea* (ceibo), *Brosimum alicastrum* (ramón), *Bursera simaruba* (chacá o palo mulato), *Licania platypus* (cabeza de mico) y *Trophis racemosa* (ramoncillo), los cuales presentan raíces tabulares o contrafuertes.

Una de las características que la diferencia de la selva alta perennifolia es la pérdida de follaje de aproximadamente una cuarta parte de los elementos arbóreos en la época más seca del año; las es-

¹ Tomado del *Atlas Nacional de México 1990-1992*, México, Instituto de Geografía, UNAM. Esc. 1:4000000 (exploratorio) para ilustrar la temática de vegetación de la CMUM.

pecies presentes son *Bursera simaruba* (palo mulato), *Tabebuia rosea* (maculis), *Zuelania guidonia* (trementino), *Aspidosperma megalocarpon* (bayalte), *Swartzia cubensis* (corazón azul), *Alseis yucatanensis* (papelillo) y *Vitex gaumeri* (crucillo) (Hernández 1999).

De acuerdo con el mismo autor, el estrato superior está caracterizado por *Pithecellobium arboreum*, *Brosimum alicastrum* (ramón), *Dialium guianense* (guapaque), *Cedrela odorata* (cedro), *Bursera simaruba* (palo mulato), *Ceiba pentandra* (ceiba), *Manilkara zapota* (chicle) y *Schizolobium parahyba*. Muchos de los troncos de estas especies presentan diámetros mayores de 2 m. Las especies que caracterizan el estrato medio, cuyos árboles alcanzan alturas entre los 12-15 a 18 m, son *Pleuranthodendron mexicanum*, *Dracaena americana*, *Alseis yucatanensis*, *Guarea glabra*, *Trophis mexicana*, *Nectandra* spp. y *Quararibea funebris*. Las especies predominantes del estrato bajo, con alturas de 5 a 6 m y hasta 10 m de altura, son *Swartzia guatemalensis*, *Chamaedorea neurochlamys*, *Nectandra* spp. y *Protium copal*. En algunos sitios donde aflora el material rocoso se observan poblaciones puras de *Geonoma interrupta*.

Selva baja

Se distingue por presentar vegetación arbolada que varía entre los 5 y 10 m, la cual es considerada por algunos autores como una comunidad florística y estructuralmente pobre. Algunos géneros y especies de plantas representativas son el *Pseudobombax ellipticum* (chucté) y *Gymnopodium floribundum* (aguaná), *Dialium guianense* (guapaque), *Pimenta dioica* (pimiento), *Guarea glabra* (cedrillo), *Eugenia capuli* (guayabillo), *Trema micrantha* (capulín cimarrón), *Miconia argentea* (papastillo), *Quararibea funebris* (molinillo), *Castilla elastica* (hule), *Licania platypus* (cabeza de mico), *Vatairea lundellii* (amargoso), *Pithecellobium leucocalyx* (guacibán) y *Cedrela odorata* (cedro). Las palmas se presentan como elementos aislados dentro de esta selva. Algunas como *Attalea liebmannii* (corozo) y *Orbignya cohune*, son

característicos de la fisonomía de la selva mediana subperennifolia. También se intercalan arbustos espinosos como *Mimosa pigra* o algunos árboles como *Pachira acuatica* (zapote de agua). (Hernández 1999).

Vegetación riparia

Es la vegetación que se encuentra en las vegas de los ríos. Es exuberante y presenta una gran riqueza de especies características de la selva con una mezcla de individuos que son propios de ese hábitat. Los árboles alcanzan alturas de entre 20 y 40 m. Algunas especies de plantas representativas son *Pachira aquatica*, *Pithecellobium arboreum*, *Blepharidium mexicanum*, *Lonchocarpus guatemalensis*, *Talauma mexicana*, *Schizolobium parahyba*, *Inga spuria*, *Castilla elastica*, *Hymenaea courbaril*, *Cecropia obtusifolia*, *Pancratium littorale*, *Gynerium sagittatum*, *Salix humboldtiana* y *Muntingia calabura*, entre otras (Hernández 1999).

Bosque de coníferas y encinos

Se encuentra generalmente en las regiones montañosas, a partir de los 1 000 msnm, en clima semicálido húmedo del grupo C. De acuerdo con el mapa de temperatura media anual estarían ubicadas en aquellas áreas con un promedio anual de temperatura inferior a 22°C.

En la región se reportan algunas comunidades de pino-encino conformadas por *Pinus oocarpa* (ocote), *Pinus strobus*, *Quercus oleoides* (encino). Miranda (1952) reporta encinares de grandes bellotas, *Quercus skinneri* (cololté), como el más abundante y en segundo término *Quercus anglohondurensis* (quiniuib de montaña). La mayor parte de este tipo de vegetación está reportada al suroeste de la selva Lacandona; la zona de bosques deciduos se interrumpe hasta la región de las Lagunas de Montebello, Tepancuapan y Tziscaco. También se observan elementos característicos de los bosques deciduos como *Liquidambar styraciflua* (liquidámbar) que alcanza alturas de hasta 50 m. Por el aumento de *Quercus* o pinos como *Pinus strobus* (pinabete) y *Pinus tenuifolia* (kantaj), así

como la disminución del liquidámbar y otros árboles, el bosque deciduo se convierte en encinar de hojas pequeñas o en pinar de hojas flexibles (Hernández 1999).

2.3 Geología

La geología es la ciencia de la Tierra que estudia su origen, su conformación, los materiales que la integran tanto interna como externamente, así como los procesos que han incidido y determinado su evolución. Desde el punto de vista ecológico, interesa sobre todo la información que pueden proporcionar dos ramas de esta ciencia: la geología histórica y la litología superficial; sobre esta base a continuación se presenta una breve descripción de los aspectos geológicos de la cuenca media del río Usumacinta en México.

Breve historia geológica regional

Desde el punto de vista geológico, la CMUM está circunscrita en lo que se denomina "Sierra de Chiapas o Sierra Madre de Chiapas",² uno de los elementos regionales, que junto con la plataforma de Yucatán y las cuencas Terciarias del Sureste constituyen el sureste mexicano y el Golfo de México (Padilla y Sánchez 2007). De aquí que los aspectos geológicos de la CMUM a continuación descritos, incluyendo su evolución, estarán referidos fundamentalmente a la "Sierra de Chiapas" (Fig. A1.10).

El sureste mexicano, en el cual está inserta la Sierra de Chiapas, es una de las áreas más complejas de Norteamérica, complejidad que está asociada a los movimientos de las placas tectónicas Norteamericana, del Caribe y de Cocos, que convergen en esta región desde el Oligoceno Tardío (Morán-Zenteno *et al.* 2000, citados por Padilla y Sánchez 2007). Las estructuras resultantes de esta actividad tectónica durante el Mesozoico y

² La denominación geológica de la Sierra Madre de Chiapas utilizada en este trabajo para referirse a las montañas de la cuenca alta del Usumacinta es lo que localmente se conoce como Los Altos de Chiapas y la Meseta Comiteca.

Cenozoico presentan tendencias estructurales diversas, así como también edades de deformación diferentes. Por ejemplo, la Sierra de Chiapas está constituida por rocas carbonatadas que varían en edad desde el Jurásico tardío hasta el Paleógeno, mismas que fueron deformadas durante el Mioceno Tardío dando lugar a un conjunto de pliegues asimétricos orientados NW-SE y con una convergencia general al NE.

La evolución geológica de la Sierra de Chiapas está ligada a la evolución del Golfo de México; de acuerdo con Padilla y Sánchez (2007), en ella se distinguen cuatro eventos tectónicos principales, a saber:

a) Un proceso de "rifting" durante el Triásico Superior-Jurásico Medio, evento que dio paso a la apertura del Golfo de México y al desplazamiento del Bloque de Yucatán, conformando así una gran cuenca de sedimentación que Viniegra (1971) (citado por Saavedra 2013) interpreta como una cuenca salina que ocupaba gran parte de la actual

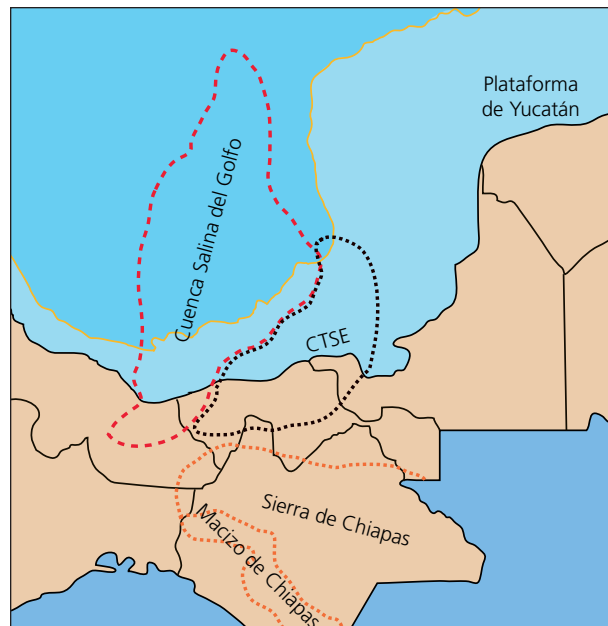


Figura A1.10 Elementos regionales que constituyen el Golfo de México y sureste mexicano: Plataforma de Yucatán, Sierra de Chiapas, cuencas terciarias del sureste. FUENTE: Padilla y Sánchez 2007.

Sierra de Chiapas, la Llanura Costera del Golfo Sur y la plataforma continental de Tabasco (Fig. A1.11).

b) Un proceso de sedimentación que va desde el Jurásico Medio hasta el Terciario Paleógeno. El proceso tectónico de "rifting" que dio paso a la apertura del Golfo de México terminó al fin del Calloviano (Jurásico Medio), después de lo cual, durante el Oxfordiano (Jurásico Tardío), se desarrollaron amplias plataformas de aguas someras en las que se depositaron grandes volúmenes de carbonatos. Durante el Cretácico, la forma y el tamaño de la cuenca estuvieron determinados por las plataformas carbonatadas; a partir del Terciario, en el Eoceno tardío, la nueva forma de la cuenca dependió totalmente del gran flujo de la sedimentación clásica. Durante el Paleógeno, en la Sierra de Chiapas se depositó una sucesión de unidades estratigráficas en las que predominan los terrígenos producidos en el transcurso de la deformación correlacionable con la Orogenia Laramide.

c) Periodo tectónico de compresión durante el Mioceno Medio. La Orogenia Laramide afectó el sur de la provincia en un intervalo de finales del Cretácico al Paleógeno Oligoceno. El desplazamiento del bloque Chortis hacia el este-sureste a

través del sistema de fallas Motagua-Polochic, ocasionó una deformación compresiva en la secuencia Mesozoica y Paleógena del Cinturón Plegado de Chiapas. Durante el Mioceno Medio, el bloque de Chortis empujó con mayor fuerza la Sierra de Chiapas causando su máxima etapa de deformación plegando y acabalgando las rocas de la cadena de Chiapas-Reforma-Akal, como consecuencia del movimiento sobre la superficie de despegue sobre evaporitas del Jurásico Medio (Calloviano). Sánchez-Montes de Oca 1980 (citado por Padilla y Sánchez 2007) denominó a esta orogenia como "Evento Chiapaneco", la cual produjo mayor deformación del Cinturón Plegado de Chiapas.

d) Levantamiento Isostático de finales del Mioceno e inicios de Plioceno. Después del Evento Chiapaneco a finales del Mioceno e inicio del Plioceno se inició el desplazamiento de la cadena de Chiapas-Reforma-Akal con un basculamiento hacia el Norte.

Clases-tipos de rocas/Formaciones superficiales

Como resultado de su evolución geológica, en la CMUM aflora un conjunto de rocas con edades que van desde el Mesozoico (Cretácico Superior) hasta el Cuaternario (Fig. A1.12). La cuenca está constituida fundamentalmente por rocas sedimentarias marinas que conforman estructuras y formaciones con condiciones particulares, donde las rocas más representativas por su extensión incluyen cuatro tipos (Fig. A1.13): 1) calizas del Cretácico Superior; 2) lutitas y areniscas del Terciario (Paleógeno Eoceno); 3) calizas del Terciario (Paleógeno Paleoceno), y 4) conglomerados del "Plioceno-Pleistoceno". Completan el mosaico pequeños sectores en la parte norte de la cuenca donde afloran secuencias o intercalaciones de calizas-lutitas y lutitas-areniscas del Paleoceno, y areniscas del Mioceno. En la parte sur de la cuenca a lo largo de los lechos de los ríos Lacantún y Usumacinta se presentan importantes depósitos aluviales. En algunos sectores de la parte norte también se presentan algunos depósitos aluviales o lacustres, probablemente desarrollados sobre valles

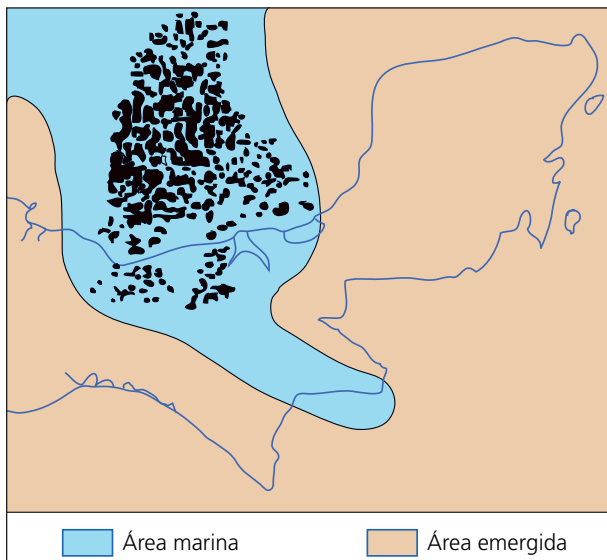


Figura A1.11 Paleogeografía del Jurásico Medio.

FUENTE: Padilla y Sánchez 2007.

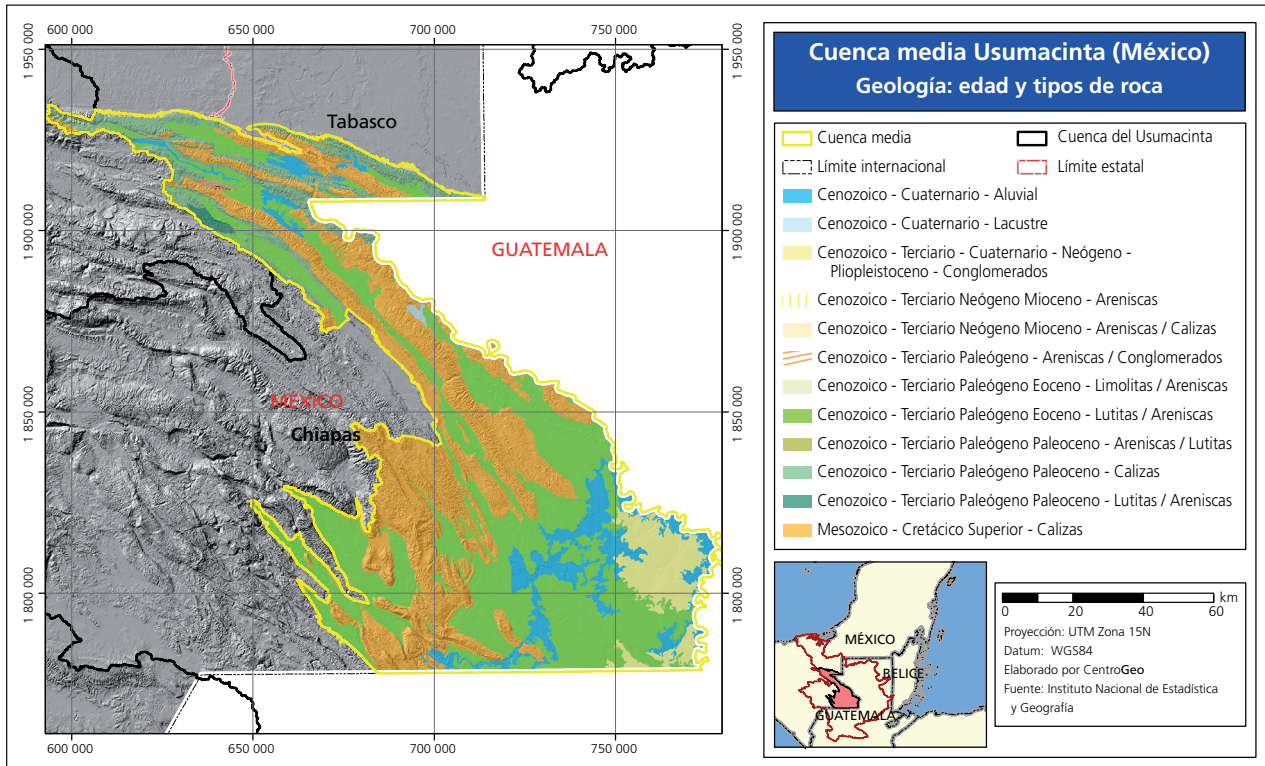


Figura A1.12 Geología: edad y tipos de roca en la cuenca media del río Usumacinta en México.

cerrados originados mediante el proceso de disolución de las calizas.

2.4 Hidrografía

La región hidrológica conocida como Grijalva-Usumacinta, comprende la mayor parte de los estados de Chiapas y Tabasco, y en menor proporción Campeche, Oaxaca y Veracruz. Esta región es considerada como la más húmeda del país y en la que se encuentran los dos ríos que componen su nombre, cuyas corrientes se unen pocos kilómetros antes de su desembocadura en el Golfo de México. Representa una de las más amplias plataformas continentales carbonatadas de los mares mexicanos, así como extensos sistemas lagunares y de planicies costeras de México, con amplias áreas de mangle y una de las mayores reservas de aguas dulces del país; incluye importantes ecosistemas forestales que albergan una alta diversidad biológica (Saave-

dra y López 2015). Así, el río Usumacinta, junto con el Grijalva, forman la mayor región hidrológica de Centroamérica y de México (133 847.4 km²), y además se estima que proporciona 30% del agua dulce de este país (Fig. A1.13).

La cuenca del río Usumacinta está conformada, a su vez, por las subcuencas de los ríos San Pedro, La Pasión, Chixoy, Gran Usumacinta, Lacantún, Chajul, Ixcán y Santo Domingo.

En el sector medio se encuentran las cuencas de los ríos Chacamax (3), Gran Usumacinta (4), San Pedro (5), Chancalá (6), Jataté (7), Lacanjá (8), Lacantún bajo (9), Chixoy (10), Santo Domingo (13), Tzendales (14), Lacantún alto (15), Ixcán (16) y Chajul (17) (Fig. A1.13).

El Usumacinta se forma de la unión de los ríos La Pasión, Salinas o Chixoy y Lacantún en la frontera entre México y Guatemala. El río La Pasión, que proviene de la región de El Petén, se une al Chixoy pocos kilómetros antes de la confluencia con el La-

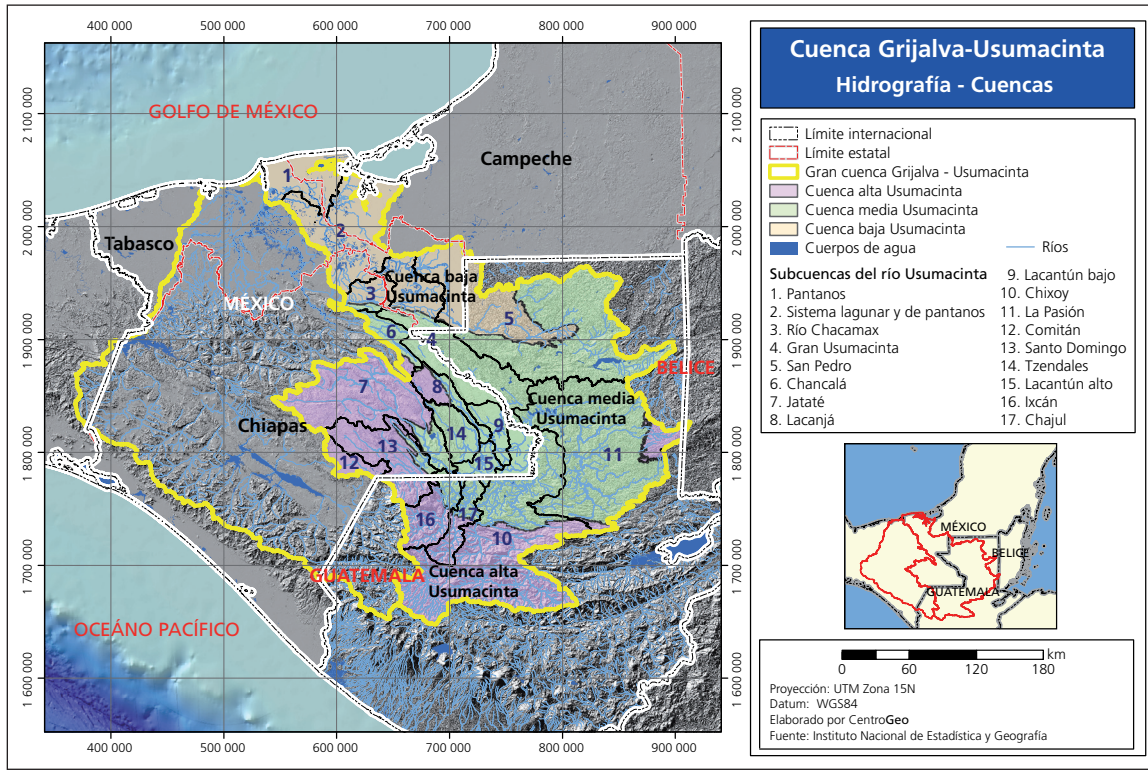


Figura A1.13 Región Hidrológica Grijalva-Usumacinta y sectores de la cuenca del río Usumacinta.

cantún. El río Chixoy nace en las montañas de la Chamá y los Cuchumatanes, en el sector norte-centro del altiplano guatemalteco. El río la Pasión nace en las montañas en el norte del departamento de Alta Verapaz, con el nombre de Chajmaic. El Lacantún, cuyas aguas más lejanas nacen en Los Altos de Chiapas en las cercanías con San Cristóbal de Las Casas en Chiapas y en la Zona Reina de Guatemala en los departamentos de Huehuetenango y Quiché (Lacantún Alto), conforma los límites del territorio de Marqués de Comillas y la Reserva de la Biosfera Montes Azules en territorio chiapaneco.

Otros afluentes que aportan sus aguas al río Usumacinta en la cuenca media son los ríos Butziljá, Chancalá y Chocoljá, que nacen en las sierras del lado chiapaneco. Los tributarios permanentes del lado guatemalteco son el río Yaxchilán, que drena la parte suroeste del Parque Nacional Sierra del Lacandón, a lo largo de un trayecto de 21.4 kilómetros, y el río Macabillero que drena la

parte plana del interior del Parque entre la Sierra de la Ribera y la Sierra del Lacandón (TNC 1998).

El río Usumacinta deja de ser límite internacional entre México y Guatemala en la CMU, a pocos kilómetros río abajo de la desembocadura del Chocollá en el Usumacinta, en la zona limítrofe de Tabasco y Chiapas en México con Guatemala. En este sitio se encuentra, del lado mexicano, el Área de Protección de Flora y Fauna Cañón del Usumacinta (APFFCU) y del lado guatemalteco el Parque Nacional Sierra del Lacandón. Tres kilómetros aguas abajo es franqueado por el cañón de San José (perteneciente al APFFCU), siendo en su margen derecha Tabasco y en la izquierda Chiapas. Aproximadamente 28 km aguas abajo, el río cruza el cañón Boca del Cerro (incluido en el APFFCU), lugar en donde termina la cuenca media del Usumacinta; a partir de ese sitio comienza la cuenca baja del Usumacinta en la región fisiográfica denominada Planicie del Golfo de México.

2.5 *Relieve*

El territorio mexicano se encuentra casi en su totalidad sobre la gran placa de Norteamérica, la cual se desplaza hacia el suroeste. Colindante a ésta se presentan otras placas en contacto que se mueven en diferentes direcciones y a distintas velocidades, como son la placa del Caribe que avanza hacia el este, la del Pacífico oriental que se desplaza hacia el noroeste y la de Cocos frente a las costas del sur, en dirección noreste. De tal manera que las complejas interacciones que se presentan entre estas placas son las que han determinado la orografía, la cual configura la topografía del país y nos permite comprender el relieve en la región (Saavedra 2014).

De acuerdo con Burga (2011), el relieve corresponde a las múltiples formas que presenta la superficie del globo terrestre, generadas por procesos de erosión, depositación y tectónicos, los cuales se manifiestan en geformas emersas o continentales y sumersas o fondos marinos y lacustres. El relieve también está condicionado por las complejas interacciones de las placas tectónicas y por las características litológicas. De esta manera, se tienen procesos formativos de paisajes de origen externo o exógeno e interno o endógeno.

Por lo tanto, al hablar de relieve se está haciendo referencia a la configuración actual de la superficie terrestre y esta configuración es producto de la acción a lo largo del tiempo de procesos exógenos (erosión y sedimentación) y procesos tectodinámicos endógenos (plegamiento, fallamiento, fracturamiento, vulcanismo, etc.). Así, el relieve es un componente importante en el estudio del análisis fisiográfico, principalmente en el análisis del subsistema físico, ya que permite diferenciar de manera categórica y jerárquica los diferentes tipos de paisaje que componen la superficie terrestre (Saavedra 2013).

Aspectos del relieve

En este apartado se describen los aspectos del relieve, en particular la pendiente y la altitud. Los mapas que se presentan a continuación se refieren a clases

de pendiente en porcentaje y altitudes en metros presentes en la CMUM. Ambos son aspectos esenciales en el proceso metodológico llevado a cabo en el análisis fisiográfico para el establecimiento de las unidades de paisaje regionales del sur del país (Región de la cuenca del río Usumacinta, RCRU),³ e indispensables para la interpretación de imágenes y la delimitación y clasificación de las unidades geomorfológicas y fisiográficas que se describen más adelante. La altitud también es un aspecto importante para la conformación de los sectores alto, medio y bajo de la región de la cuenca del río Usumacinta (CAU, CMU, CBU) y significativamente en la altura relativa (altura con respecto a su nivel de base) que presentan los distintos paisajes.

La definición de la pendiente y su distribución se hizo con base en el Modelo de Elevación Digital (DEM), resolución de 30 m (ASTER GDEM),⁴ modelo sombreado, (Fig. A1.14). A partir del DEM se elaboró el mapa de pendientes (Fig. A1.15), el cual se clasificó en siete rangos de pendientes. A continuación se muestran las categorías de pendientes en porcentajes expresados en rangos según los tipos de pendiente y las clases presentes en la CMU (cuadro A1.2). Asimismo se presenta el mapa de altitud (Fig. A1.16) en metros.

Las formas del relieve existentes en la región de la CMUM ostentan pendientes que van desde planas y ligeramente planas (0-3%) hasta fuertemente escarpadas mayores de 75% (Fig. A1.17), donde dominan particularmente aquellas que se encuentran entre 25 y 50%, correspondientes a la clase de pendientes ligeramente escarpadas y que predominan en gran parte de las subcuencas como Gran Usumacinta, Chacamax, Chancalá y Tzendales, pertenecientes a los relieves montañosos y colinados que conforman esta parte de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala en este sector del Usumacinta. En el área sur-sureste de la CMU, cons-

³ Véase Marco conceptual y metodológico. "La clasificación fisiográfica de la región de la cuenca del río Usumacinta", A. Saavedra (2013), CentroGeo-Fordecyt.

⁴ ASTER (The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer).

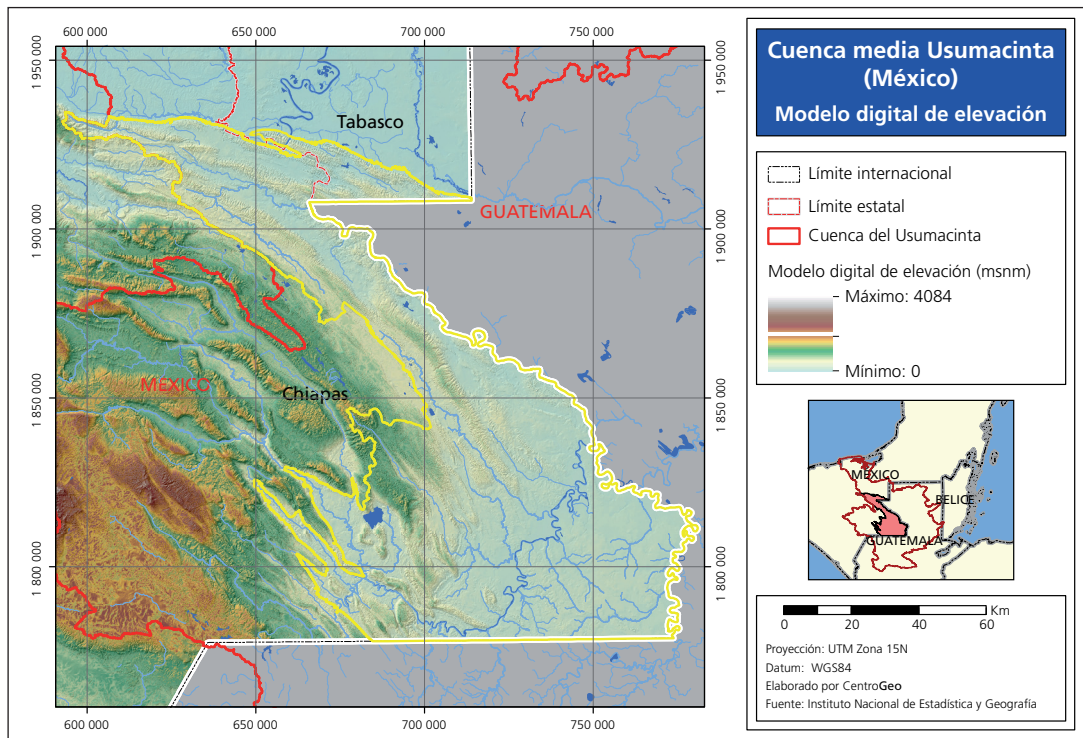


Figura A1.14 Modelo de elevación digital (DEM a 30 m).

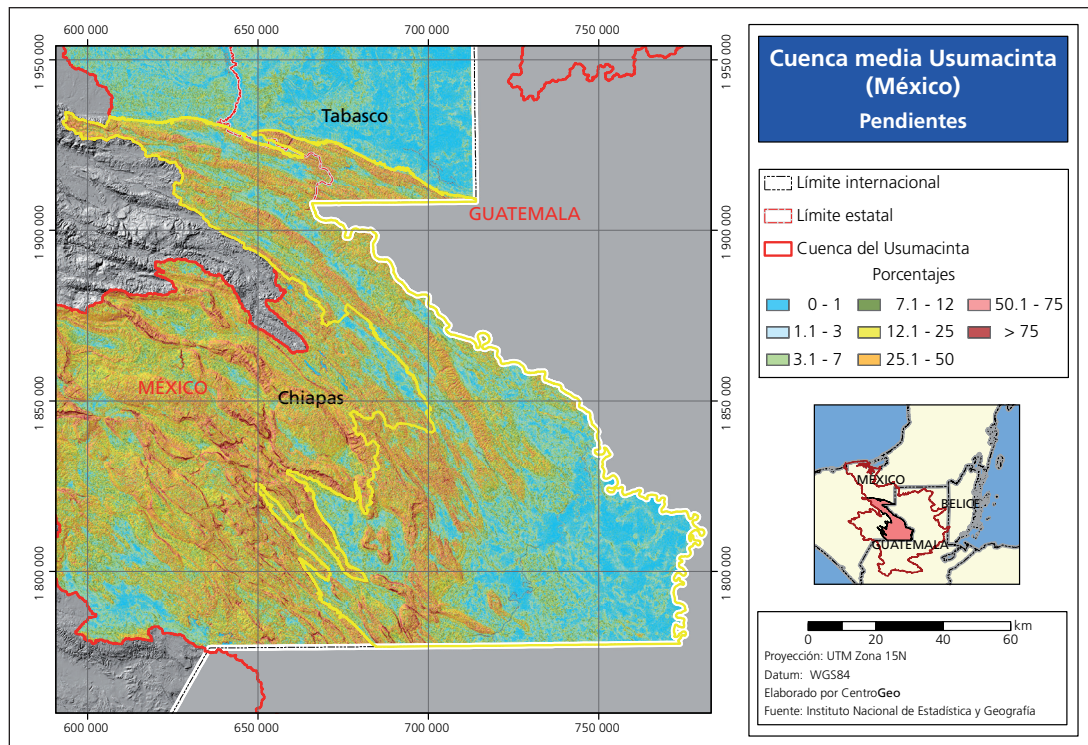


Figura A1.15 Pendientes de la cuenca media del río Usumacinta en México.

Cuadro A1.2 Rangos de pendiente y relieves

Pendiente (%)	Relieve
0-3	Plano-Ligeramente plano
3-7	Ligeramente inclinado
7-12	Moderadamente inclinado
12-25	Fuertemente inclinado
25-50	Ligeramente escarpado
50-75	Moderadamente escarpado
>75	Fuertemente escarpado

FUENTE: "Manual de atributos levantamientos de recursos de las tierras", Bogotá, Subdirección de Agrología, IGAC, 2002.

tituida principalmente por las subcuencas del Lacantún (sur de Lacantún) y el Chixoy (en su parte norte y más baja), dominan los relieves bajos con pendientes que van de 0-3 a 7-12% y corresponden a relieves colinados bajos y medios (lomeríos-lomas) con pendientes de entre 3 y 12% y al Valle Aluvial de río Meándrico con pendientes inferiores de 3%, en las partes más llanas.

Las otras partes de la CMU también se caracterizan por presentar pendientes fuertemente inclinadas (12-25%) y moderada y fuertemente escarpadas con pendientes mayores de 50%, propio de estos relieves montañosos y colinados.

La altura relativa en metros y la altitud (Fig. A1.17), permiten en los Grandes Paisajes separar el relieve montañoso del colinado y éste de los valles aluviales; en las colinas estructurales (cuestas crestones) y lomeríos erosionales (superficies alomadas-lomas) diferenciarlos, de acuerdo con la altura relativa en altos, medios y bajos (cuadro A1.3).

En el caso de la altura relativa, se establece como nivel de referencia un desnivel de 300 m. Se definieron en primer lugar los sistemas montañosos,⁵

⁵ *Montaña* es la unidad o componente de cualquier cadena montañosa que se define como una gran elevación natural del terreno de diverso origen con más de 300 metros de desnivel. Y *colina* es igualmente una elevación natural del terreno de menor altura que una montaña (Villota 1991).

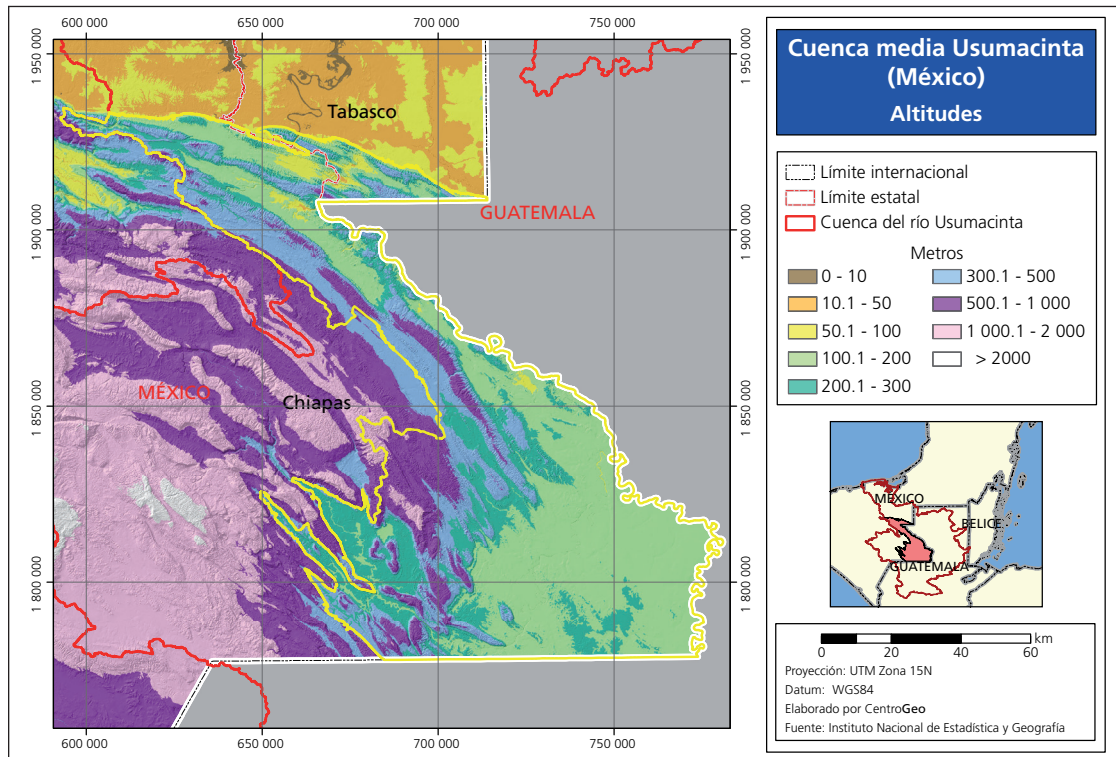


Figura A1.16 Altitudes en la cuenca media del río Usumacinta en México.

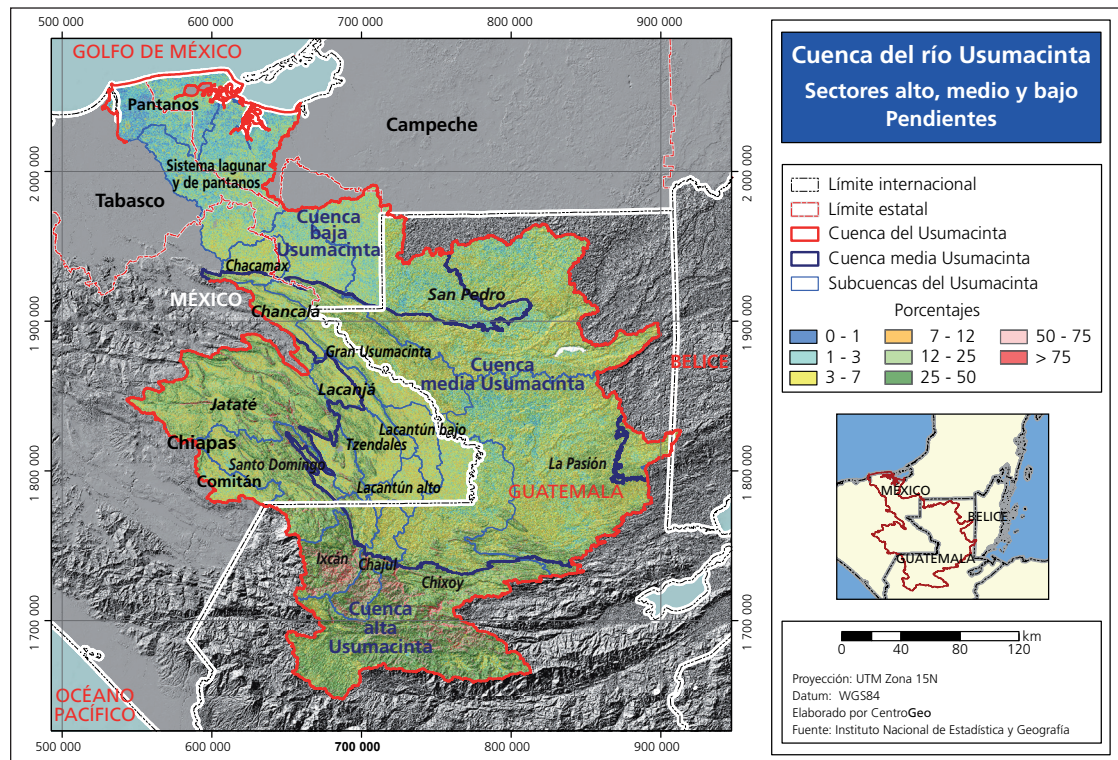


Figura A1.17 Pendientes, cuencas alta, media y baja del río Usumacinta.

Cuadro A1.3 Rangos de elevación del terreno/clases por altura (alturas relativas en metros)

Grandes paisajes fisiográficos	Elevación en metros (m)	Paisajes
		Tipos de paisaje Clases por altura relativa (m)
Relieve montañoso	Mayor de 300	
Relieve colinado estructural/ Erosional (lomerío-lomas)/ Cuestas-crestones...	< 300 y > 200 < 200 y > 100 < 100	Lomas o cuestas altas Lomas o cuestas medias Lomas o cuestas bajas

que corresponde a aquellas elevaciones naturales del terreno de diferente origen y composición con más de 300 m de altura (respecto a su nivel base de referencia). En segundo lugar, se definió como relieve colinado (colinas-lomas) toda elevación natural del terreno con menos 300 m; es decir, aquellas elevaciones naturales del terreno menores que una montaña (menos de 300 m de altura). Con base en los rangos de altura relativa (cuadro A1.3) el relieve colinado estructural y erosional se separó en colinas altas, medias y bajas.

2.6 Fisiografía

La fisiografía es la descripción de las formas del relieve de la naturaleza; las clasifica y relaciona atendiendo a aspectos geológicos, climáticos e hidrológicos. Según Villota (1997), el análisis fisiográfico consiste en un método moderno para interpretar imágenes de la superficie terrestre, que se basa en la relación paisaje-suelo; se asume aquí que "los suelos son perfiles tanto como paisajes", como afirma el Manual de Levantamientos de Suelos (USDA

1951). De acuerdo con el mismo autor, desde un enfoque aplicado, la fisiografía incluye el estudio, la clasificación y la descripción de las geoformas del terreno, por lo tanto hace referencia a la interacción de aspectos como clima, geología, origen y edad de los materiales rocosos, geomorfología, hidrografía e indirectamente aspectos bióticos (incluye la actividad antrópica), en la medida en que estos inciden en el origen y la conservación de los suelos, así como en la aptitud, el uso y manejo de los mismos. De esta manera, a partir del análisis y la clasificación fisiográfica se integran y relacionan los elementos que constituyen el sistema natural, para posteriormente analizar los demás procesos en los que interviene e interactúa el hombre sobre el medio natural.

La importancia de la fisiografía radica en integrar la relación existente entre las geoformas, la geología/litología/formaciones superficiales (que constituyen el material parental de los suelos), el clima y el relieve, los cuales hacen parte e influyen no solo en los procesos y factores de formación y evolución de los suelos, sino también, en el grado y tipo de riesgo natural al que puede estar sujeto un paisaje, determinando la clase de cobertura vegetal, condicionando el uso de las tierras, su conservación, aprovechamiento agropecuario y forestal, y la ubicación de asentamientos humanos e infraestructura, entre otros.

Justamente, la fisiografía se debe ver y entender como un bloque básico y estratégico de diagnóstico y conocimiento del medio físico biótico para el manejo y la conservación de los recursos naturales, la planeación y el ordenamiento del territorio. En este sentido se realizó el análisis fisiográfico (al nivel de Gran Paisaje) que permite conformar, explicar y espacializar las distintas formas del relieve, teniendo en cuenta su origen, forma (apariencia exterior), su edad relativa y, en general, conocer algunos de los procesos y fuerzas endógenas y exógenas que actual o potencialmente intervienen en ellos.

Para el análisis y la clasificación fisiográfica⁶ del terreno se utilizó el método desarrollado por el

⁶ Véase Marco conceptual y metodológico del Estudio “La clasificación fisiográfica de la región de la cuenca del río Usumacinta”, Saavedra, 2013; CentroGeo-Fordecyt.

Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica (CIAF), el cual tuvo como base los criterios y conceptos de fisiografía esbozados inicialmente por Goosen, Elbersen y Nieuwenhuis y complementados posteriormente por Botero y Villota, de la Unidad de Suelos del CIAF (Serrato 2009). Esta metodología se usó en combinación con el sistema de clasificación geomorfológica de Zinck (1989).

Esta sección se orienta principalmente a describir las diversas formas de la superficie del terreno (al nivel de Gran Paisaje) de la CMU delimitadas aplicando la metodología ya mencionada.⁷

Clasificación fisiográfica de la cuenca media del Usumacinta en México

La descripción del relieve de la CMU incluye las distintas categorías (geoestructura, Provincia Fisiográfica y Gran Paisaje) que comprenden las unidades fisiográficas, siguiendo el orden jerárquico establecido en la metodología utilizada. Dichas unidades son representadas en mapas individuales con su correspondiente leyenda. Al final se muestra el mapa de Grandes Paisajes que conforman el territorio. De acuerdo con este esquema metodológico, a continuación se describen las unidades (al nivel de grandes paisajes) en orden descendente:

- *Estructuras geológicas/Geoestructuras*

La CMUM se encuentra contenida en una de las geoestructuras o estructuras geológicas regionales definidas para el área de la RCRUM, es decir pertenece en su totalidad a la Cordillera de Plegamiento (Fig. A1.18), y representa parte de la provincia fisiográfica denominada como Sierra Madre de Chiapas y Guatemala (Figs. A1.19a-b), la cual está integrada por varios grandes paisajes, paisajes y subpaisajes.

Los ambientes morfogenéticos presentes en la región de la CMU (Fig. A1.20), son producto de fuer-

⁷ La Clasificación fisiográfica del terreno según la metodología propuesta (H. Villota, 1997, IGAC-CIAF, pp. 83-115, *op. cit.*).

zas endógenas (orogenia, plegamiento-fallamiento-fracturamiento) en la construcción de los relieves montañosos y colinados estructurales, relieves montañosos y colinados disolucionales, y los relieves estructurales/disolucionales de la Sierra Madre de Chiapas. También intervienen en el ambiente morfogenético procesos exógenos de degradación, disolución y depositación.

• *Provincia fisiográfica*

La CMUM se halla dentro de la provincia fisiográfica Sierra Madre de Chiapas y Guatemala (Figs. A1.20a-b), que presenta un sistema de montañas de formas abruptas, originadas por el plegamiento, fracturamiento y fallamiento de la corteza terrestre producto del choque de placas tectónicas; al igual que varios sistemas de colinas escarpadas, valles aluviales y valles aluviales de río meándrico, los cuales pertenecen a las estribaciones de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala.

• *Gran Paisaje*

Los grandes paisajes que a continuación se describen se distribuyen aproximadamente desde 0 hasta los 2 000 msnm. Se identificaron ocho grandes paisajes o unidades genéticas del relieve tal como se muestra en el cuadro A1.4 y la figura A1.21 las cuales presentan cierta afinidad de tipo climático, geogenético, litológico y topográfico, y están constituidas, a su vez, por paisajes.

A continuación se presenta la descripción de los ocho grandes paisajes identificados en la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala de la CMU. Con respecto a la categoría de los paisajes (subdivisiones de los grandes paisajes), estos se mencionan como componentes de los grandes paisajes, mas no se hará en este texto la descripción de los mismos.

• *Gran Paisaje: Valle aluvial-agradacional (V-A)*

La mayor parte de la unidad la conforman los valles aluviales asociados a los ríos principales que surcan

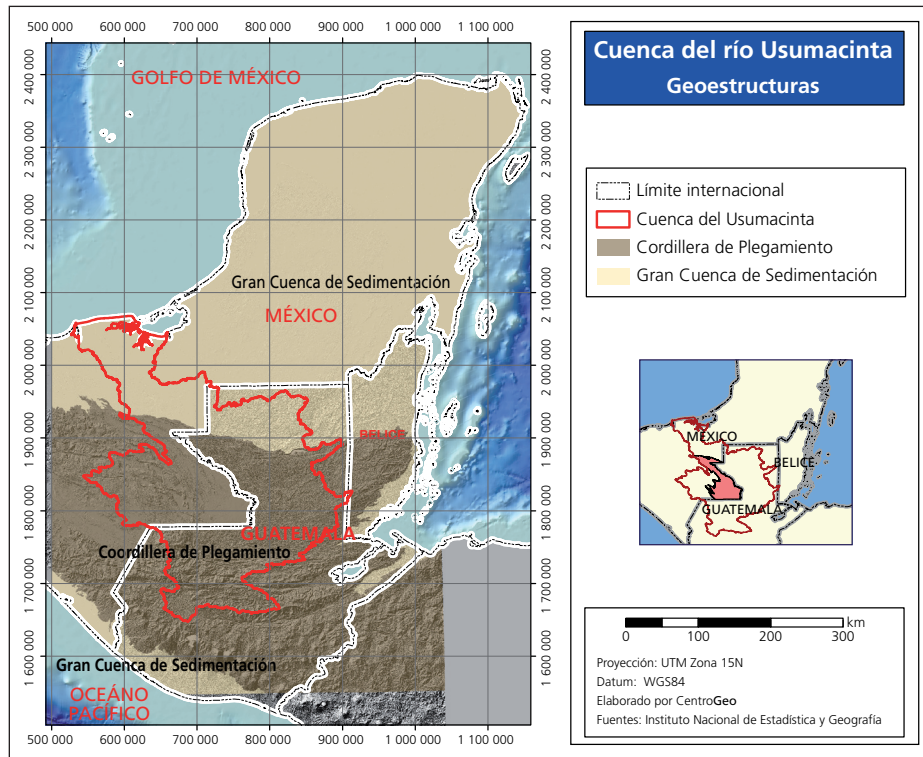


Figura A1.18 Geoestructuras de la cuenca del río Usumacinta.



Figura A1.19a Provincias fisiográficas en el contexto regional de la cuenca del río Usumacinta.

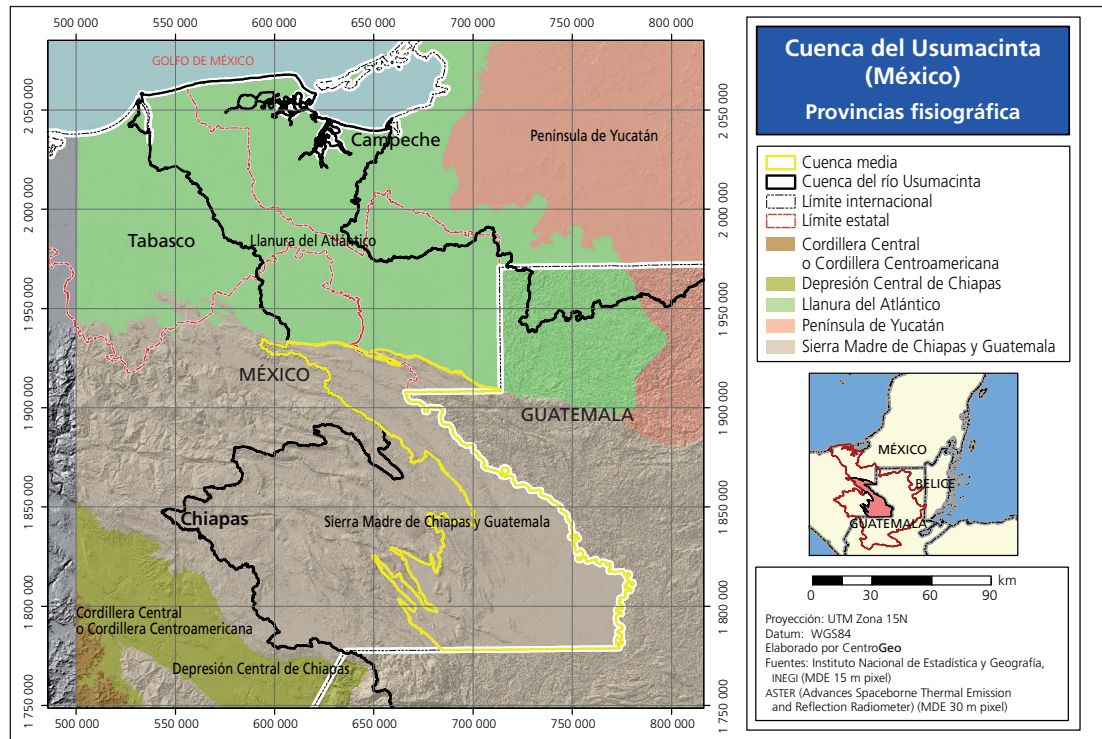


Figura A1.19b Sierra Madre de Chiapas y Guatemala, y cuenca media del Usumacinta, CUM. FUENTE: A. Saavedra, 2013.

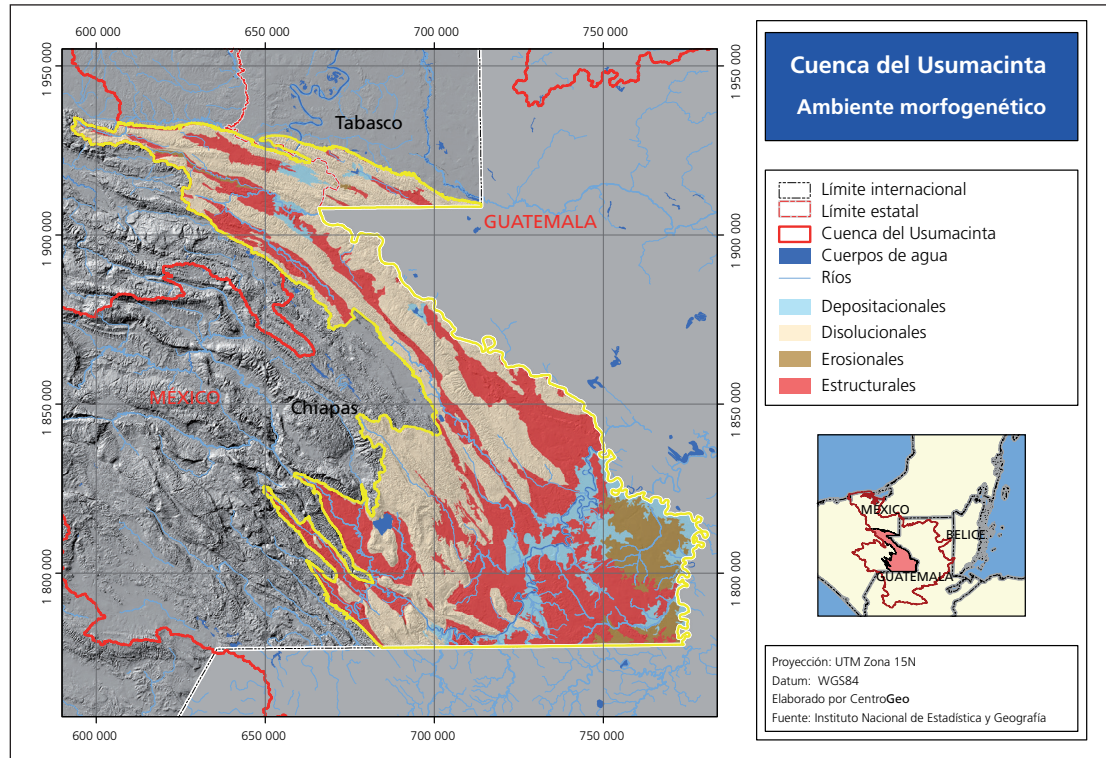


Figura A1.20 Ambiente morfogenético.

Cuadro A1.4 Grandes paisajes/Ambiente morfogenético de la CMU

<i>Gran Paisaje</i>	<i>Ambiente morfogenético/ Origen del relieve</i>	<i>Símbolo</i>
Valle aluvial	Agradacional (A)	V-A
Valle aluvial de río meándrico	Agradacional (A)	F-A
Relieve colinado erosional	Denudacional (D)	C-D
Relieve colinado disolucional	Disolucional (S)	C -S/E
Relieve colinado estructural	Estructural/Denudacional (E/D)	C-E/D
Relieve montañoso disolucional	Disolucional/Estructural (S/E)	M-S/E
Relieve montañoso estructural	Estructural/Denudacional(E/D)	M-E/D
Relieve montañoso colinado estructural	Estructural/Denudacional (E/D)	MC-E/D

los sistemas Montañoso y Colinado de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala en dirección sureste-noroeste. Están constituidos por depósitos aluviales que provienen de las zonas montañosas y colinadas adyacentes, transportados por ríos como Butziljá, Chancalá, Chocolljá. Se localiza principalmente en la parte norte de la CMU, entre los 5 y

100 msnm, en la región climática denominada tierras bajas cálidas, de clima cálido húmedo, Provincia de Humedad-Húmeda,⁸ con temperaturas que

⁸ Propuesta de clasificación de unidades climáticas para un análisis regional y generalizado RCRUM, "La clasificación fisiográfica de la región de la cuenca del río Usumacinta", Saavedra, 2013, CentroGeo-Fordecyt.

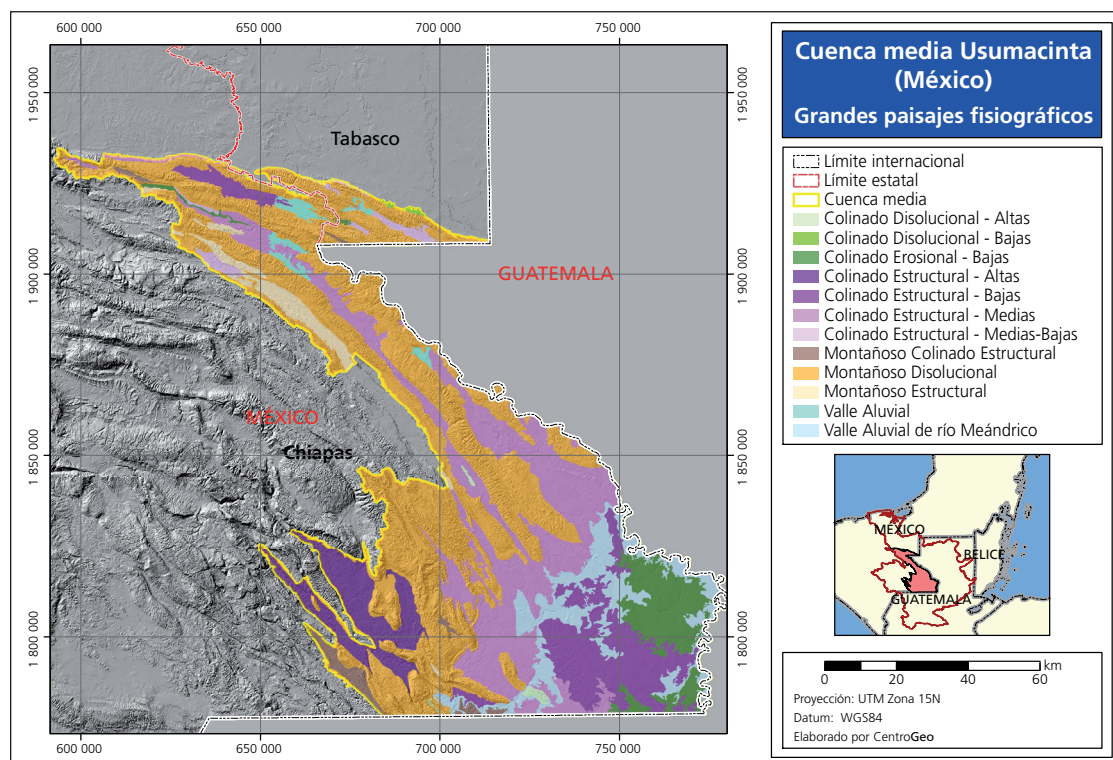


Figura A1.21 Grandes paisajes fisiográficos en la cuenca media del río Usumacinta en México.

varían entre 24 y 26.7°C, y precipitaciones entre 1 890 y 3 000 mm al año.

- *Gran Paisaje: Valle aluvial de río meándrico-agradacional (F-A)*

El valle aluvial meándrico se despliega al sur de la cuenca y lo conforman los ríos La Pasión, Chixoy o Salinas y Lacantún, los cuales forman en su confluencia, el río Usumacinta en la frontera entre Guatemala y México. Además de los ríos anteriores, en esta parte del territorio también forman valles aluviales de río meándrico que se conectan entre sí, donde los ríos Ixcán, Chajul y Negro/Tzendales salen del sistema montañoso y entran surcando y atravesando las áreas de los relieves colinados estructurales (cuestas medias y bajas) y el relieve colinado o lomerío erosional (lomas bajas y medias). Se localizan principalmente entre los 100 y los 300 msnm, en la región climática de las tierras bajas cálidas, en clima cálido-húmedo, Provincia de Humedad-Húmeda; con tem-

peraturas anuales que van entre los 24°C y 26°C, y precipitaciones de entre 1 890 y 3 000 mm anuales.

Este Gran Paisaje está constituido por sedimentos transportados por los ríos mencionados, los cuales atraviesan los relieves colinados, y por su topografía y poco desnivel (altura relativa) en varios sectores permiten durante su recorrido desarrollar paisajes de orillares y plano de inundación propias de un río meándrico, conformando curvaturas y sinuosidades, conocidos y denominados meandros (meandros activos y abandonados). Litológicamente está constituido por depósitos aluviales recientes del Cuaternario. Este gran paisaje está sujeto a inundaciones frecuentes y periódicas desarrollando los paisajes ya mencionados.

- *Gran Paisaje: Relieve colinado erosional-denudacional (C-D)*

El gran paisaje de relieve colinado erosional presente en la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala se locali-

za en sectores aledaños a los ríos Lacantún, La Pasión y Chixoy sobre la margen izquierda, río abajo, en la frontera con Guatemala, como también al norte de la CMU en límites con la CBU en la subcuenca del Chamamax. El relieve colinado erosional está formado por lomas bajas con alturas relativas inferiores a los 100 metros, circundando el trayecto del río Chixoy desde el límite fronterizo internacional cuando irrumpe en México, hasta llegar muy cerca de la desembocadura del río Lacantún, lugar donde ya se conoce o se llama Usumacinta propiamente.

Este relieve colinado o lomerío erosional (Fig. A1.23) (lomas) se encuentra principalmente entre los 100 y 200 msnm, en la región climática de las tierras bajas cálidas, en clima cálido húmedo, Provincia de Humedad-Húmeda; con temperaturas promedio anual entre 24 y 26°C y precipitaciones entre 2 000 y 3 000 mm anuales. Litológicamente está constituido principalmente por conglomerados del Terciario Neógeno/Cuaternario (Pliopleistoceno). Este gran paisaje lo conforman el paisaje "lomas bajas".

- *Gran Paisaje: Relieve colinado estructural-erosional (C-E/D)*

Este Gran Paisaje corresponde a un grupo de colinas estructurales altas, medias y bajas (cuestas-crestones). En el relieve colinado estructural predominan las cuestas medias, asociadas a la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala, originados por procesos estructurales (deformaciones por levantamiento, plegamiento, etc.), sobre los cuales actúan procesos erosionales. Presentan pendientes que van desde ligera y moderadamente inclinadas (de 7 a 12%), fuertemente inclinadas (de 12 a 25%) hasta ligeramente escarpadas con pendientes de entre 25 y 50%. Conforman estructuras homoclinales (monoclinales) y litológicamente se componen de rocas sedimentarias del Terciario Paleógeno Eoceno, constituidas por intercalaciones de lutitas con areniscas en la mayoría de los casos.

Se localizan entre los 50 y 300 msnm, en la región climática de las tierras bajas cálidas, en clima cálido-húmedo, Provincia de Humedad-Húmeda, con temperaturas promedio anuales de entre 24 y

26.6°C y precipitaciones entre 2 000 y 3 000 mm al año. Otra parte del sistema colinado estructural se localiza en las tierras bajas cálidas, en clima cálido muy húmedo, Provincia de Humedad-Muy Húmeda (perhúmeda), con temperaturas promedio anual que van de los 24°C hasta los 26°C y precipitaciones entre los 3 000 y los 3 500 mm anuales. Este gran paisaje lo conforman los paisajes "cuestas y crestones".

- *Gran Paisaje: Relieve colinado-disolucional (C-S/E)*

El relieve colinado disolucional lo conforma un sistema de colinas o lomas kársticas bajas y altas; se encuentra en altitudes de entre 100 y 500 m, con alturas relativas menores a 250 m, pendientes moderadamente inclinadas (7 a 12%), fuertemente inclinadas (12 a 25%) y en algunos sectores ligeramente escarpadas con pendientes (25 a 50%). Pertenecen a la región climática de las tierras bajas cálidas, en clima cálido húmedo, Provincia de Humedad-Húmeda, con temperaturas promedio anuales de entre 24 y 26°C y precipitaciones de entre 2 000 y 3 000 mm al año. A este gran paisaje pertenece el paisaje disolucional "lomas bajas y lomas altas kársticas".

- *Gran Paisaje: Relieve montañoso y colinado-estructural-erosional (MC-E/D)*

Este Gran Paisaje combinado de montañas y colinas (que a la escala de trabajo no fue posible separar) representa relieves estructurales constituidos por estructuras homoclinales, compuestos de rocas sedimentarias formadas por intercalaciones de lutitas y areniscas. Se caracteriza por presentar pendientes moderadamente inclinadas (7 a 12%), fuertemente inclinadas (12 a 25%) y ligera a moderadamente escarpadas con pendientes de entre 25 y 50%, y 50 y 75%. A este Gran Paisaje pertenecen los paisajes: "cuestas, crestas y crestones homoclinales". Se localizan entre los 100 y 500 msnm, situados en la región climática de las tierras bajas cálidas, e incluyen: a) clima cálido-húmedo, Provincia de Humedad-Húmeda, con temperaturas promedio anuales que van de 24 a 26°C y precipita-

ciones de entre 2 500 y 3 000 mm al año; y b) clima cálido-muy húmedo, Provincia de Humedad-Muy Húmeda, con temperaturas promedio anuales de entre 24 y 26°C y precipitaciones de entre 3 000 y 3 500 mm anuales.

- *Gran Paisaje: Relieve montañoso-disolucional (M-S/E)*

El Gran Paisaje del relieve montañoso disolucional está formado por rocas carbonatadas constituidas por calizas del Cretácico superior, presentes en gran parte de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala, las cuales han sufrido deformación por plegamiento y fallamiento. Se encuentra contiguo al Relieve colinado y montañoso estructural erosional; Gran Paisaje que en su conjunto constituyen la mayor parte de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala en este sector de la CMU. Por otra parte, el relieve montañoso disolucional se ubica en la región climática de las tierras bajas cálidas, en clima cálido-húmedo, Provincia de Humedad-Húmeda, con temperaturas promedio anuales que van de 19.2 hasta 24°C y precipitaciones de entre 1 890 y 3 000 mm al año. También se presentan en la región climática de las tierras medias templadas, de clima semicálido-muy húmedo, Provincia de Humedad-Muy húmeda, con temperaturas promedio anuales que van de 24 a 26.6°C y precipitaciones de entre 3 000 y 4 000 mm al año. A este gran paisaje pertenecen los paisajes "cerros kársticos y colinas kársticas".

- *Gran Paisaje: Relieve montañoso-estructural/erosional (M-E/D)*

El Gran Paisaje del relieve montañoso estructural erosional presente en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre de Chiapas y Guatemala ha sido formado por rocas sedimentarias constituidas por intercalaciones de lutitas y areniscas del terciario Paleógeno Eoceno y Paleógeno Paleoceno, las cuales sufrieron deformación por plegamiento, fracturamiento y fallamiento. Este gran paisaje se encuentra igualmente en el sector noroeste de la CMU colindando con el sistema montañoso disolucional en

la subcuenca del Chancalá. A este gran paisaje pertenecen las crestas/crestones homoclinales.

Este Gran Paisaje se ubica en la región climática de las tierras bajas cálidas, en clima cálido húmedo, Provincia de Humedad-Húmeda, con temperaturas promedio anuales de entre 24 y 26°C, precipitaciones de entre 2 000 y 2 500 mm al año y se distribuyen aproximadamente desde los 100 hasta los 500 msnm, con pendientes que van desde fuertemente inclinadas (12 a 25%) y ligeramente escarpadas (25 a 50%) hasta moderadamente escarpadas con pendientes de 50 a 75%.

2.7 Suelos

El suelo es la colección de los cuerpos naturales en la superficie de la Tierra, en lugares modificados o incluso hechos por el hombre de materiales terrosos, que contiene materia viva y soporta o es apto para soportar plantas (Soil Survey Staff 1993).

Las propiedades del suelo varían de un lugar a otro, pero esta variación no es aleatoria. Los suelos son el resultado del clima y los organismos vivos que actúan sobre el material parental, condicionados por la topografía o el relieve local, que ejerce una influencia modificadora y con el tiempo necesaria para los procesos de formación del suelo. Por lo tanto se puede decir que en cualquier parte los suelos serán los mismos en la medida en que los factores formadores (clima, material parental, relieve, tiempo y organismos) también lo sean (Soil Survey Staff 1993).

En el área de la cuenca media del Usumacinta el clima no presenta variaciones espaciales importantes que puedan ser indicadoras por sí mismas de variaciones fuertes en la distribución espacial de los suelos. La influencia del clima en los suelos se manifiesta sobre todo mediante la precipitación; por un lado el patrón monomodal de la precipitación, con una estación seca marcada, explica la presencia de los luvisoles, el grupo de suelos con mayor extensión en el área, en cuya génesis dicho factor es fundamental. En segundo lugar las condiciones de alta humedad (precipitación anual de 2 000 a 3 000 mm)

explican la presencia de umbrisoles y gleysoles; los primeros, suelos propios de ambientes húmedos y los segundos típicos de relieves bajos con mucho aporte de humedad, y de los subgrupos dísticos (suelos con baja saturación de bases) y húmicos (acumulación de materiales orgánicos).

La cobertura vegetal predominante corresponde a vegetación natural de selva alta perennifolia, vegetación arbórea con cierto grado de intervención y pastizales, que en combinación con el relieve y una alta humedad en el suelo, permite la acumulación de materia orgánica en los suelos, lo que explica la presencia de subgrupos húmicos. Respecto a la influencia del tiempo geológico y el relieve como factores formadores de suelos, se puede decir que en el área hay tres grandes unidades, dos de ellas constituidas por los relieves montañosos y colinados y una tercera que la conforman los valles aluviales, donde el material parental de esta última está constituida por aluviones del Cuaternario, y es donde se presentan los suelos más jóvenes y menos evolucionados.

Sobre esta base se puede decir que en el área de la CMU los dos factores formadores que determinan y explican la distribución espacial de los suelos son los materiales parentales (tipos de rocas y formaciones superficiales) y el relieve (formas del relieve y pendiente), así como su interacción. A continuación, con base en esta premisa, y lo acotado en relación con la influencia de la precipitación y de la cobertura vegetal, se presenta una breve descripción sobre la distribución de los suelos en el área, tomando como base la distribución de las formas del relieve (grandes paisajes fisiográficos) y los materiales litológicos, mismos que ya están referidos en el concepto de paisaje fisiográfico. Para simplificar la descripción, los grandes paisajes fisiográficos se han agrupado en tres categorías generales, a saber (Figs. A1.22 y A1.23): a) grandes paisajes de relieves montañosos; b) grandes paisajes de relieves colinados, y c) grandes paisajes de valles aluviales o lacustres.

La información de suelos referida en este estudio se ha tomado del mapa de suelos del INEGI

(Conjunto de datos vectorial Edafológico escala 1: 250 000 Serie II, 2008), en el cual la clasificación de los suelos está referida al sistema de clasificación FAO (Base de Referencia para los Suelos del Mundo. FAO/Unesco, 1998). En la elaboración del mapa de la figura A1.24 solo se ha considerado el suelo dominante (Grupo1, en la base de datos del INEGI).

Los suelos que predominan en el área corresponden a los grupos de los leptosoles y luvisoles (Fig. A1.25); los primeros predominan en relieves montañosos y los segundos, más abundantes, en el relieve colinado; le siguen en importancia los feozems, cambisoles y umbrisoles en la zona de colinas y vertisoles y gleysoles en la zona de valles y colinas bajas; complementan el mosaico de suelos los regosoles, propios de relieves montañosos, los acrisoles que se encuentran principalmente en colinas medias, y los fluvisoles en los valles. En la figura A1.27 se muestra la distribución de los suelos de acuerdo con el relieve y materiales parentales.

Suelos en relieve montañoso

Este relieve abarca una extensión alrededor de 460 000 hectáreas, que corresponde a casi la mitad del área de la CUM (48.9%), como se ilustra en las figuras A1.26 y A1.28. En su mayor parte el material parental de los suelos está constituido por calizas (relieve montañoso disolucional) y en menor proporción los materiales corresponden a intercalaciones de lutitas y areniscas (relieve montañoso estructural). Las pendientes dominantes están entre 12, 25 y 50%, y mayores. Los suelos más propios de este relieve comprenden dos grupos: leptosoles y regosoles; también se encuentran en este relieve luvisoles, feozems y cambisoles y en menor proporción umbrisoles y acrisoles, que se describen en el relieve colinado, donde su predominancia es mayor. En la figura A1.26 se muestran los suelos presentes en este relieve, así como su extensión en porcentaje.

Los leptosoles comprenden una extensión de 207 246 hectáreas (21.3% del área total) (Figs. A1.26 y A1.28); son los segundos suelos en extensión en la cuenca y el suelo dominante en el relieve

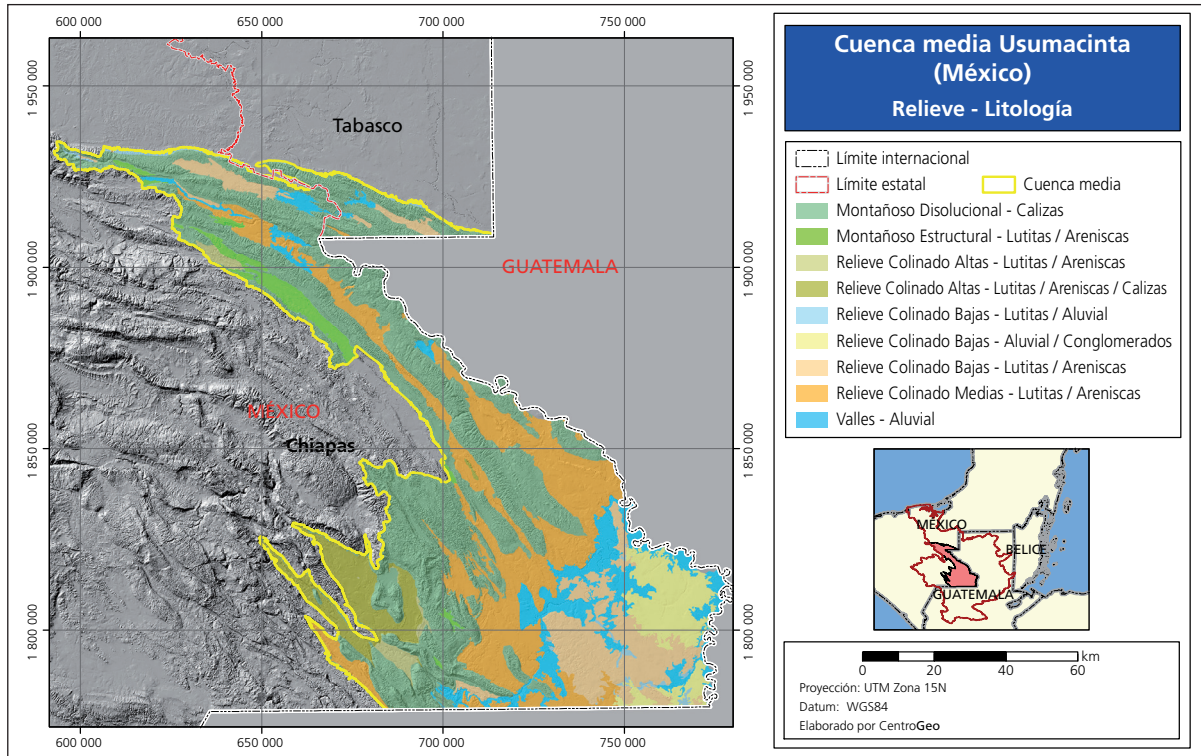


Figura A1.22 Relieve y litología de la cuenca media del río Usumacinta en México.

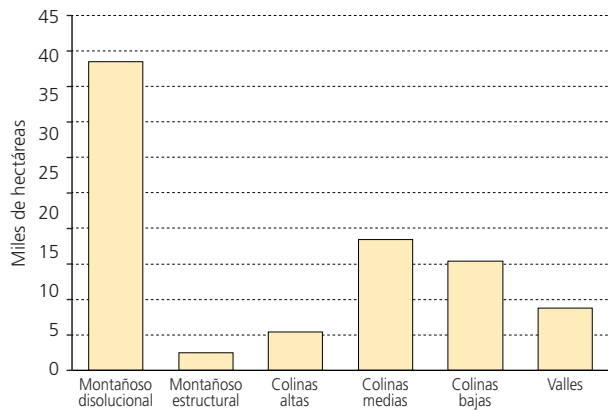


Figura A1.23 Extensión de las formas del relieve en la CMUM.

montañoso (41.7%). Su característica principal es ser suelos muy superficiales (menos de 25 cm de profundidad, hasta la roca subyacente); son propios de zonas montañosas con fuertes pendientes, que, asociadas en este caso con un clima húmedo, determinan que el proceso dominante sea la ero-

sión hídrica, aun bajo condiciones de cobertura forestal, lo cual provoca que la erosión sea la mayor amenaza para estos suelos, por lo que la vocación de estas tierras es el uso forestal.

Los regosoles tienen una extensión de 46 703 hectáreas (4.8%) en la CMU; son suelos muy poco o débilmente desarrollados sobre materiales no consolidados y sobre materiales rocosos de areniscas y calizas, en este último caso con profundidad mayor de 25 cm, propios de regiones montañosas.

Suelos en relieve colinado

El relieve colinado comprende una extensión alrededor de 392 000 hectáreas, que representa el 42% del área (Figs. A1.26 y A1.28). De acuerdo con su altura, las colinas se consideran altas (entre 200 y 300 m), medias (entre 100 y 200 m) y bajas (< 100 m de altura relativa con respecto al nivel de base); los materiales parentales están constituidos

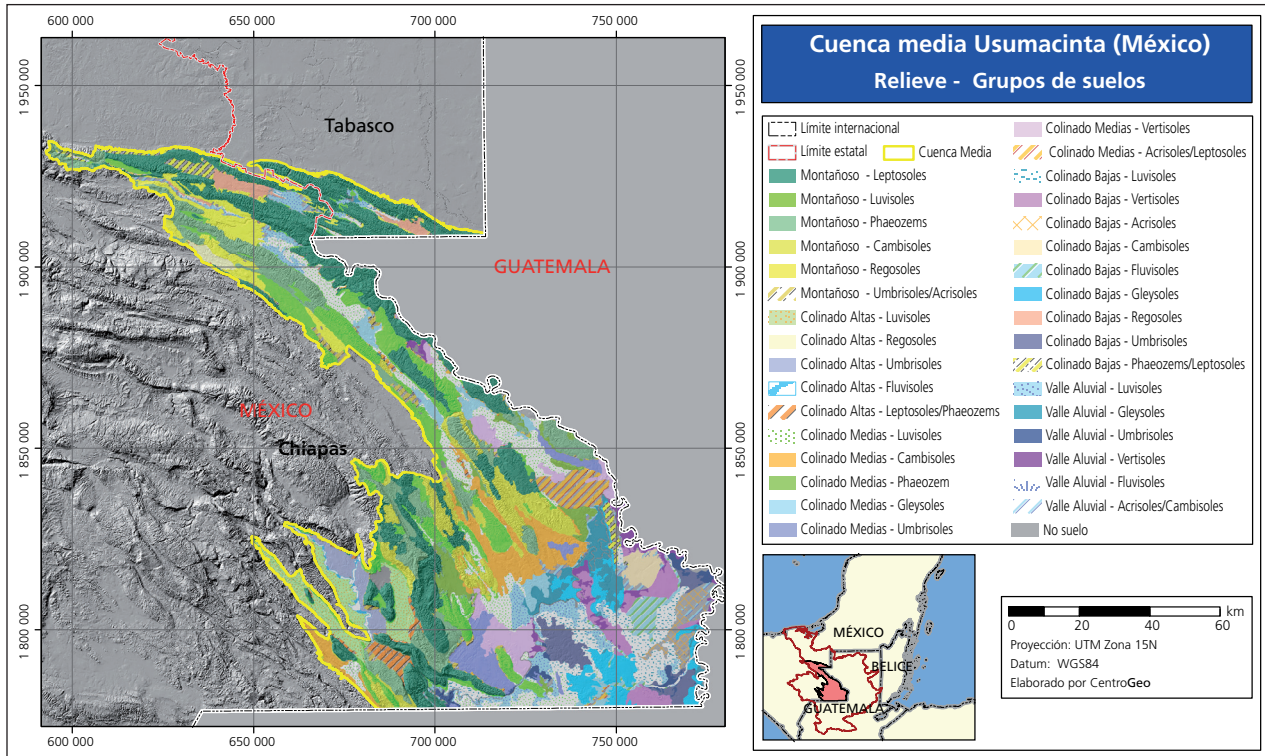


Figura A1.24 Grupos de suelos en la cuenca media del río Usumacinta en México.

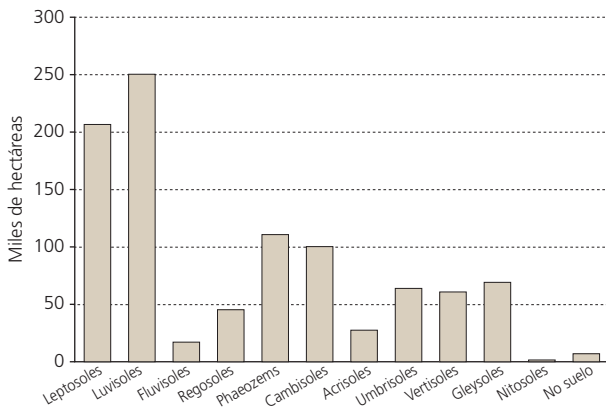


Figura A1.25 Extensión de tipos de suelo en la CMU.

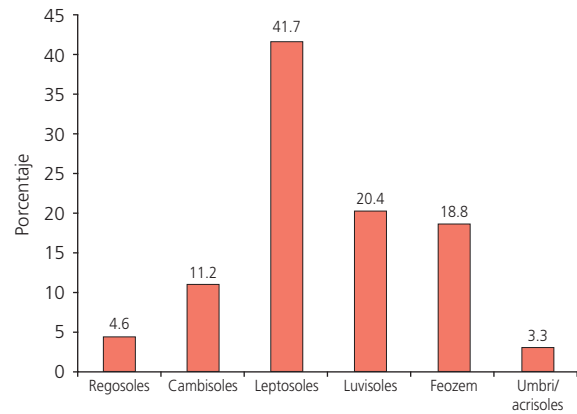


Figura A1.26 Tipos de suelos en relieve montañoso CMU.

por intercalaciones de lutitas-areniscas o lutitas-areniscas-calizas; las pendientes dominantes son para las colinas altas de 7, 12 y 25%; para las medias de 3, 7 y 12% y para las bajas de 3 a 7%. Los suelos predominantes en este relieve son los luvisoles (Fig. A1.27), aunque otros grupos importantes

son los feozems, cambisoles, umbrisoles, regosoles y acrisoles. Asimismo, otros grupos con presencia importante en este relieve lo constituyen los vertisoles y gleysoles, y en menor proporción los fluvisoles, los cuales se describen en el relieve de valles, donde son los suelos dominantes.

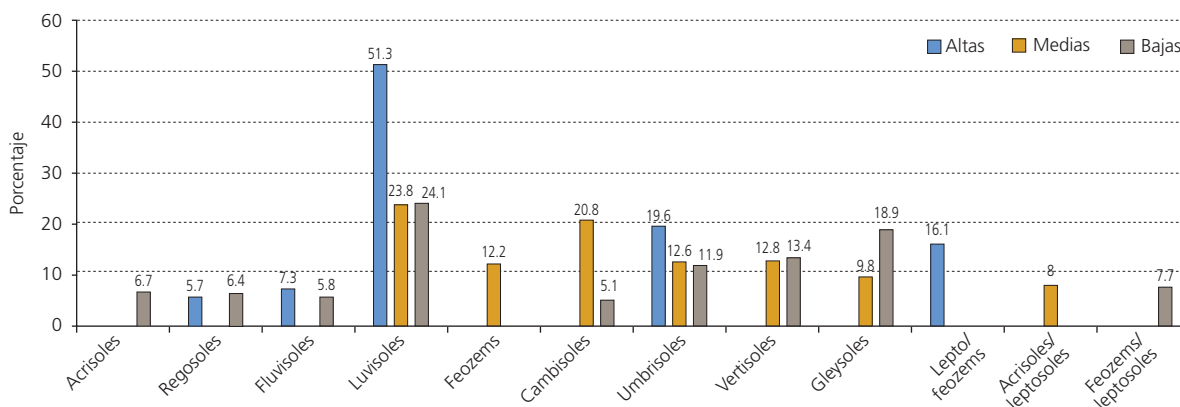


Figura A1.27 Tipos de suelos en relieve colinado CMU.

Los luvisoles tienen una extensión de 250 657 hectáreas (25.8% del área total) (Figs. A1.26 y A1.28); constituyen los suelos dominantes tanto en el área de la cuenca como en la zona del relieve colinado, con un predominio en las colinas altas. Su característica dominante es una diferenciación textural marcada dentro del perfil de suelo, con un horizonte superficial bajo en contenido de arcilla y con acumulación de arcilla en el horizonte subsuperficial (horizonte árgico).

Los feozems tienen una extensión de 111 546 hectáreas, y representan 11.5% del área. Su característica principal es que son suelos ricos en materia orgánica. El ambiente de su génesis en las regiones húmedas corresponde a zonas donde hay alguna percolación en la mayoría de los años, pero también periodos en los cuales el suelo está seco, condiciones que corresponden al área de la cuenca.

Los cambisoles tienen una extensión de 101 847.2 hectáreas, que representan 10.5% del área. Se trata de suelos jóvenes con un desarrollo incipiente.

Los umbrisoles presentan una extensión de 64 822.5 hectáreas, que corresponde a 6.7% del área. Son suelos propios de climas húmedos, con altos contenidos de materia orgánica y baja saturación de bases. Se localizan fundamentalmente en las partes bajas de las colinas medias y bajas (pendientes de 0 a 3%) y en menor proporción en los valles aluviales.

Los acrisoles, con una extensión de 28 852 hectáreas, representan 3% del área total de la cuenca. Tienen una génesis similar a los luvisoles, con la diferencia de que el horizonte árgico (enriquecido en arcilla), es desaturado.

Suelos de valles aluviales

En los valles aluviales o lacustres los materiales parentales están constituidos por depósitos superficiales aluviales y lacustres; este relieve comprende una extensión de alrededor de 94 000 hectáreas, que representan 9% del área (Figs. A1.26 y A1.28). Las pendientes dominantes son de 0 a 3%. Los suelos predominantes en este relieve corresponden a los grupos de los vertisoles, gleysoles, umbrisoles, fluvisoles y luvisoles (Fig. A1.28a). Aunque si se considera el total del área ocupada por los gleysoles, umbrisoles, vertisoles y fluvisoles, suelos propios de este relieve (Fig. A1.28b), llama la atención la predominancia de luvisoles, ya que son suelos con cierto grado de evolución y típicos de superficies geomorfológicas estables, que no es el caso de los valles aluviales.

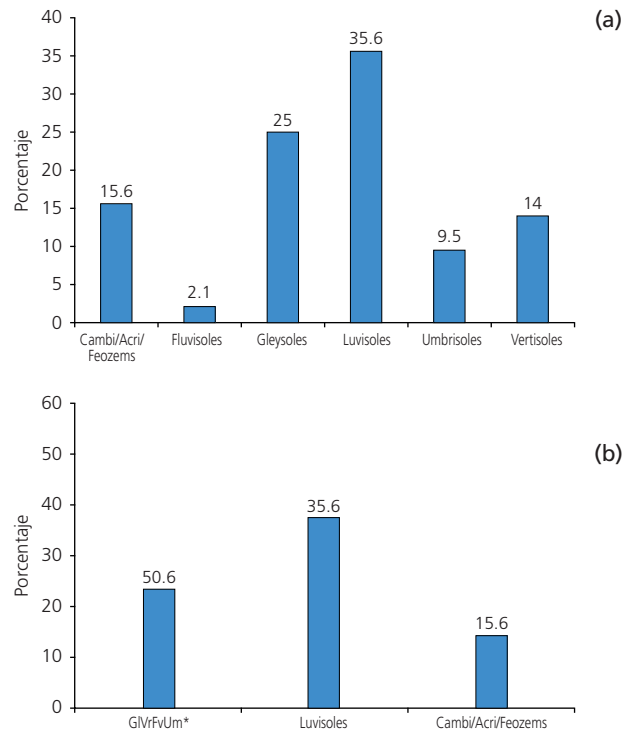
Una explicación es que dichos suelos se presentan en los paisajes aledaños (colinas-montañas) que enmarcan y limitan los valles aluviales. Por otra parte, su presencia se puede explicar por el hecho de que la cartografía de suelos no tiene una base geomorfológica, lo cual permite una correlación entre la posición del paisaje y los suelos encontrados.

Los vertisoles tienen una extensión de 62 475 hectáreas, que representan 6.4% del área. Son suelos arcillosos de texturas fina y muy fina, con una alta proporción de arcillas expansivas; cuando están secos forman grietas profundas a partir de la superficie. El nombre de vertisoles se refiere a la constante mezcla del material de suelo. Cuando están secos su consistencia es extremadamente dura y en la estación húmeda son masivos y muy pegajosos. Sus propiedades físicas constituyen el mayor limitante para el manejo. Además de presentarse en los valles aluviales, también se encuentran en las partes bajas de las colinas medias y bajas (pendientes de 0 a 3%), frecuentemente asociados con los gleysoles.

Los gleysoles, con una extensión de 70 288 hectáreas, representan 7% del área (Figs. A1.26 y A1.28). Son suelos propios de tierras bajas, cuya formación está condicionada por ambientes de excesiva humedad en la superficie o a profundidades menores de 50 cm, durante un periodo suficiente para desarrollar un patrón de color con características gleicas.⁹ De aquí que el atributo dominante de estos suelos es la saturación prolongada con agua, asociada con la carencia de aireación, pobres condiciones de desarrollo radicular para la mayoría de los cultivos. Al igual que los vertisoles, también se les encuentra en partes bajas de las colinas medias y bajas (pendientes de 0 a 3%).

Los fluvisoles tienen una extensión de 18 717 hectáreas, lo cual representa 2% del área (Figs. A1.26 y A1.28). Son suelos desarrollados a partir de depósitos aluviales, están confinados a franjas estrechas del relieve adyacente a los lechos de los ríos en las colinas, y al valle aluvial meándrico que forman los ríos Lacantún y Chixoy. Son suelos muy jóvenes con una débil diferenciación del perfil y la materia orgánica decrece irregularmente con la profundidad.

⁹ Un material presenta propiedades gleicas cuando está saturado con agua, salvo que esté drenado, por un tiempo suficiente para generar unas condiciones reductoras y patrón de color dominado por un azul oscuro con intercalaciones de colores rojizos, colores estos asociadas a la dinámica del hierro bajo condiciones oxido-reducción.



* G: gleysoles, Vr: vertisoles, Fv: fluvisoles, Um: umbrisoles.

Figura A1.28. Tipos de suelos en valles aluviales CMU.

REFERENCIAS

- Burga, J.D., 2011, Diccionario geológico. ArthAltuna. Grouting. Geotechnical & Instrumentation, Perú.
- Cabrera, J., P. Cuc, 2002. Diagnóstico socio-ambiental de la cuenca del río Usumacinta. Proyecto Conflicto Cooperación Ambiental en Cuencas Internacionales Centroamericanas, Costa Rica, Universidad de Costa Rica–Universidad Nacional de Costa Rica.
- Contreras V., H. Reseña de la geología del Sureste de México, Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros. Superintendencia de exploración. Petróleos mexicanos, Coatzacoalcos. Veracruz.
- Fernández-Eguarte A., J. Zavala-Hidalgo, R. Romero-Centeno, 2010, *Atlas Climático Digital de México*, Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, <<http://uniatmos.atmosfera.unam.mx/>>.
- González, P., 1981, *Los ríos de Tabasco*, México, Consejo Editorial del Gobierno de Tabasco.
- Gore, 1992; Darnell y Defenbaugh, 1990, General Facts about the Gulf of Mexico. Resource Database for Gulf of Mexico Research, <<http://www.gulfbase.org/facts.php>>.

- Hernández Solano, Jorge, 1999, *Estudio integral de la Selva Lacandona, Chiapas*, Universidad Autónoma de Chapingo, División de Ciencias Forestales. Octubre 1999. Chapingo, Texcoco, Estado de México, México.
- INEGI, 2008, *Geografía de México. Manual. Características edafológicas, fisiográficas, climáticas e hidrográficas de México*, México, Instituto Nacional de Estadística– Dirección de capacitación, Geografía e Informática.
- INEGI, 2008, Conjunto de datos vectorial Edafológico escala 1: 250 000 Serie II. (Continuo Nacional), México, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, <<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/edafologia/default.aspx>>.
- INEGI, 1999, Base de datos geográficos. Diccionario de datos geológicos. Escala 1:50,000. (Vectorial), junio de 1999, México, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI, 1999, Base de Datos Geográficos. Diccionario de Datos Geológicos. 1:1'000,000 (Vectorial), junio de 1999, México, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- Instituto de Geografía, UNAM, 1992, Atlas nacional de México 1990-1992.
- Instituto Geográfico "Agustín Coadazzi", IGAC, 2002, Manual de códigos de atributos de los levantamientos de los recursos de la tierra, Colombia.
- Padilla y Sánchez R.J., 2007, Evolución geológica del Sureste mexicano, desde el Mesozoico al presente, en el contexto regional del Golfo de México, *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* LIX(1): 19-42, 2007.
- Patiño R.J. et al., 2013, *Provincia petrolera Cinturón Plegado de Chiapas*, Pemex Exploración y Producción Subdirección de Exploración, <<http://www.cnh.gob.mx/irig/PDF/Cuencas/Cintur%C3%B3n%20Plegado%20de%20Chiapas.pdf>>.
- Pemex, 2013, Provincia Petrolera Sureste (Salina del Istmo, Reforma-Akal y Macuspana). Versión 2.0, 2013, México, Pemex Exploración y Producción, Subdirección de Exploración. Petróleos Mexicanos.
- Rzedowski, J., 1978. *Vegetación de México*. México, Limusa.
- Rzedowski, J., 2006, Bosque tropical subcaducifolio, en *Vegetación de México*, 1ª ed. digital, México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, disponible en <<http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMxC11.pdf>>.
- Tejada, G., 1994, Vocabulario geomorfológico. AKAL / Diccionario, Madrid.
- Saavedra, A., L. Castellanos, 2013, Estudio "La clasificación fisiográfica de la región de la cuenca del río Usumacinta", CentroGeo–Fordecyt (inédito).
- Serrato, P., 2007a, Los cañones colombianos: una síntesis geográfica, Bogotá, Instituto Geográfico Agustín Codazzi–IGAC, Oficina CIAF.
- UNAM, Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales (Uniatmos), Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, <<http://uniatmos.atmosfera.unam.mx/acdm/>>.
- UNAM, 2011, <<http://www.puma.unam.mx/festival/index.php/selva-alta>>.
- Soil Survey Division Staff, 1993, Soil survey manual. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18.
- USDA, 1993, Soil Survey Division Staff. Soil Survey Manual. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18, disponible en <<http://soils.usda.gov/technical/manual/download.html>>.
- USGS, Science for a Changing World. U.S. Geological Survey, <<http://incgmp.usgs.gov/>>.
- Villota, H., 1992, *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras*, Bogotá, IGAC.
- Villota, H., 1992, "El sistema CIAF de clasificación fisiográfica del terreno", *Revista CIAF* 13(1): 55-70, Santa Fe de Bogotá.
- Villota, H., 1997, "Una nueva aproximación a la clasificación fisiográfica del terreno", *Revista CIAF*, 15(1): 83-117, Santa Fe de Bogotá.
- Villota, H., 2005, *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras*, Bogotá, D.C. IGAC, Segunda Edición.
- Zinck, A., 1987, Aplicación de la geomorfología al levantamiento de suelos en zonas aluviales y definición del ambiente geomorfológico con fines de descripción de suelos, Santa Fe de Bogotá, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Subdirección de Agrología, <<http://www.inecc.gob.mx/con-eco-ch/382-hc-ecosistemas-mexico>>.