

Formación y morfogénesis del relieve del extremo noroccidental del estado de Chiapas, México

Recibido: 20 de febrero de 2008. Aceptado en versión final: 5 de junio de 2008.

José Ramón Hernández Santana*

Manuel Bollo Manent**

Ana Patricia Méndez Linares*

José Manuel Figueroa Mah Eng*

Resumen. El territorio chiapaneco constituye una de las regiones mexicanas con mayor ausencia de estudios geomorfológicos detallados. Este trabajo aborda el análisis geomorfológico general del relieve, a escala 1:100 000, con la finalidad de revelar las regularidades morfométricas, morfogenéticas y cronológicas relativas del extremo noroccidental de dicha región. Los principios adoptados para su clasificación morfogenética fueron: I-Categorías básicas del relieve; II-Piso altitudinal de sus subcategorías; III-Tipo morfogenético específico; IV-Datación relativa del relieve; y V-Formas del relieve. En la formación del relieve noroccidental chiapaneco los ascensos neotectónicos determinaron el escalonamiento morfoestructural, la energía y el desmembramiento del relieve actual, y el acondicionamiento de la intensidad de los procesos degradativos del modelado

exógeno sobre su substrato geológico diferenciado, lo que consolidó la extensión y potencia sedimentaria de las planicies acumulativas de los tercios medio e inferior de los ríos Grijalva, Pichucalco, Ostucán, Platanar y otros. La actividad volcánica cuaternaria y reciente de El Chichón ha determinado el desarrollo de coberturas de materiales piroclásticos de composición traquiandesítica, que modificaron el relieve pre-existente y edificaron extensas premontañas mesiformes en la zona Nuevo Xochimilco. En general, se presentan 19 tipos morfogenéticos (siete de montañas y premontañas, tres de lomeríos, siete de planicies y dos de depresiones).

Palabras clave: Morfogénesis del relieve, Chiapas noroccidental, México.

Formation and morphogenesis of the northwestern extreme relief of Chiapas State, Mexico

Abstract. The Chiapas State territory constitutes one of the Mexican regions with more absence of detailed geomorphological studies. The present work approaches the general geomorphological analysis of the relief, at 1:100 000 scale, with the purpose of reveal the morphometric and morphogenetic regularities, and chronological relative of the

northwestern extreme of this region. The principles adopted for their morphogenetic classification were: I- Relief's basic categories; II- Altitudinal level of their subcategories; III- Specific morphogenetic type; IV- Relief's relative dating; and V-Forms of the relief. In the formation of the northwestern Chiapas relief the neotectonic uplifts determined the stepped

* Departamento de Geografía Física, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, 04510, Coyoacán, México, D. F. E-mail: santana@igg.unam.mx, patyml@igg.unam.mx, maheng@igg.unam.mx

** Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México, Antigua Carretera a Pátzcuaro 8701, Col. Ex Hacienda de San José de la Huerta, 58190, Morelia, Michoacán, México. E-mail: manent@gmail.com

morphostructural pattern, the energy and the dissection of the current relief, and the conditioning of the intensity of the modelling exogenous processes on differentiated geologic substratum, that consolidated the extension and sedimentary thickness of the accumulative plains of the middle-lower thirds of the rivers Grijalva, Pichucalco, Ostuacán, Platanar and others. The quaternary and recent volcanic activity of El Chichón determined covering of piroclastic material of tranquiandesitic composition, that modified the pre-existent relief and built extensive mesiform premountains in Nuevo Xochimilco. In general, in this region exist 19 morphogenetic types (7 of mountains and premountains, 3 of hills, 7 of plains and 2 of depressions).

Key words: Relief's morphogenesis, northwest Chiapas, Mexico.

INTRODUCCIÓN

El territorio investigado corresponde al extremo noroccidental de la Sierra Norte de Chiapas; se seleccionó con el objetivo de clasificar su relieve, desde el punto de vista morfoestructural y morfogenético, con vistas a establecer sus etapas de desarrollo, y sus regularidades generales y particulares, a los efectos de contribuir a la etapa de caracterización natural para el ordenamiento ecológico territorial de su zona petrolera norte.

Uno de los antecedentes más cercanos a las investigaciones geomorfológicas de esta región, entre los escasos reportes geomorfológicos publicados, pero lamentablemente a una escala 1:4 000 000, es el mapa geomorfológico nacional del *Atlas Nacional de México* (Lugo *et al.*, 1990), donde el grado de generalización sólo permitió distinguir los tipos de relieve de la edificación de El Chichón y los lomeríos y llanuras sobre rocas sedimentarias cenozoicas, una parte de ellos en estructura monoclinial, localizados en su porción centro-septentrional. Esta situación determina la contribución que aporta este trabajo al conocimiento geomorfológico del territorio, con una escala 1:100 000 de representación cartográfica. Por otra parte, Ortiz *et al.* (2005) reconocieron, desde el punto de vista fisiográfico y ecogeográfico, las unidades siguientes: la planicie fluvial interior del río La Sierra (Plio-Cuaternaria), la planicie lacustre de contacto de barrera de edad plio-cuaternaria, las

terrazas o planicies estructurales de edad miocénica, la rampa de piedemonte del volcán El Chichón y las planicies fluviales de corrientes alóctonas (río Grijalva), también a pequeña escala.

Los objetivos de este trabajo están enfocados al levantamiento geomorfológico general (morfogenético) y detallado del relieve de este territorio, mediante su evaluación morfométrica, como vía para la definición de las subcategorías geomorfológicas y punto de partida para la definición de las unidades de rango inferior: el tipo morfogenético específico.

ÁREA EN ESTUDIO

El entorno regional del territorio de estudio corresponde al extremo noroccidental del estado de Chiapas, México; limitada al oeste y al este, por las cuencas de los ríos Grijalva y Pichucalco, respectivamente; al norte, por la planicie lacustre de las lagunas La Ceiba, Limón y Santuario; y al sur, por las estribaciones montañosas del volcán El Chichón y la presa Peñitas. La extensión total del territorio es de 2 456.9 km², estando limitado entre los 17° 17' 00" y 17° 59' 00" de latitud Norte, y los 93° 00' 00" y los 93° 33' 00" de longitud Oeste. Dentro del territorio están involucrados los municipios Pichucalco, Ostuacán, Reforma, Juárez y Sunuapa (Figura 1).

Según Ortega *et al.* (1992), la zona se encuentra localizada, desde el punto de vista estructurotectónico, en las provincias geológicas: (1) Cuenca deltaica de Tabasco (zona de Reforma) y (2) Cinturón chiapaneco de pliegues y fallas, que se encuentra conformado por la provincia tectónica de Simojovel (zona de Pichucalco, Ostuacán, Nuevo Xochimilco y Sunuapa). Desde el punto de vista geomorfológico, se localiza en la macropendiente septentrional de la Sierra Norte de Chiapas, en contacto con las Planicies Estructural y Deltaica de Tabasco. El relieve de las montañas de esta región está condicionado por varios factores: la tectónica, activa desde el Neógeno (Mioceno-Plioceno) e intensa en la actualidad; por la litología, la estructura geológica y las condiciones climáticas (Lugo, 1990). En general, el relieve del territorio se carac-

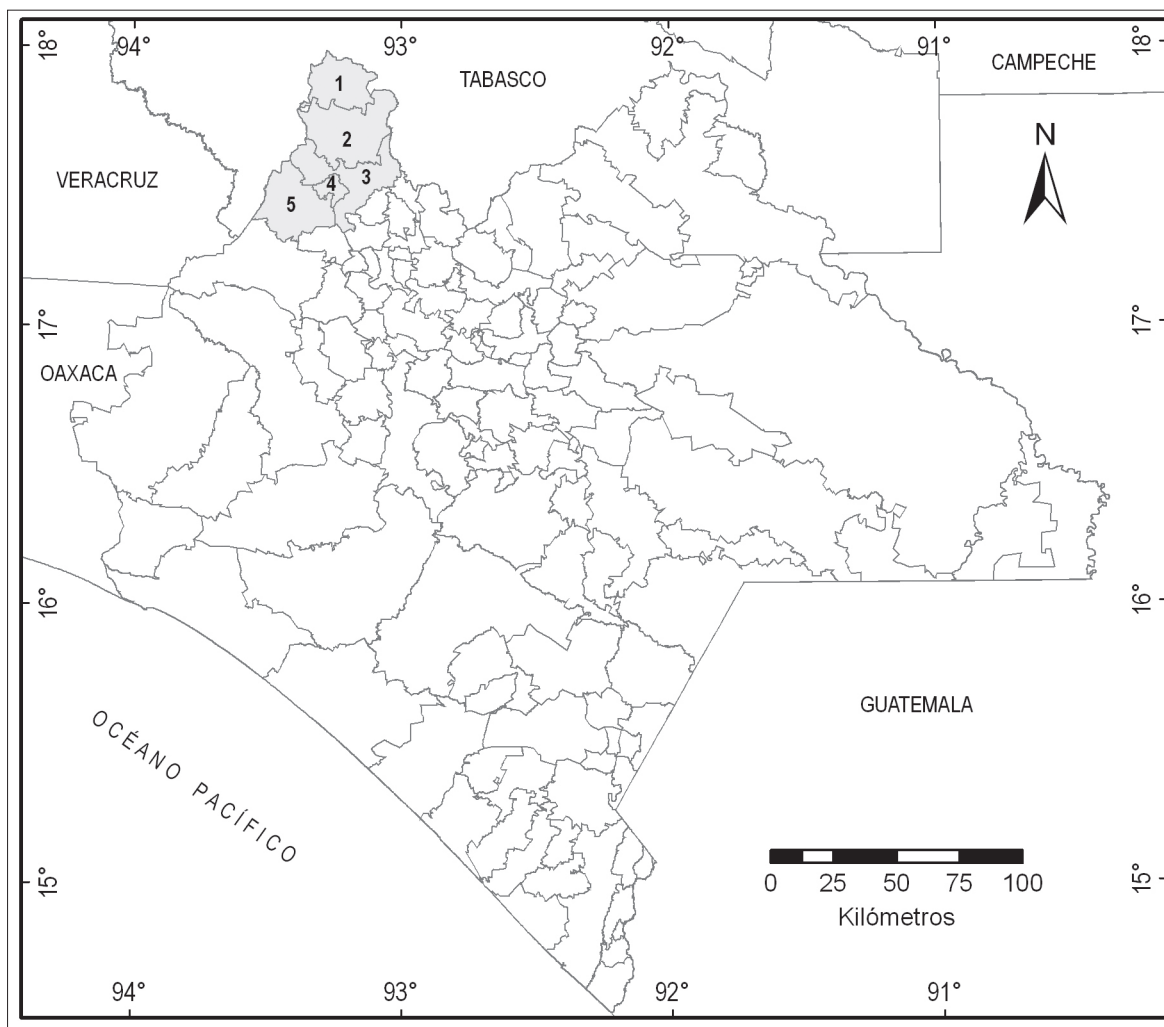


Figura 1. Área en estudio en el noroeste del estado de Chiapas. Municipios involucrados: 1. Reforma, 2. Juárez, 3. Pichucalco, 4. Sunuapa y 5. Ostucán.

teriza por una serie de escalones geomorfológicos, que transitan desde montañas bajas y premontañas, en su extremo meridional; hasta lomeríos en su parte central; y un sistema de planicies (planas, onduladas, colinosas y muy colinosas) en su porción centro-septentrional.

CONDICIONES GEOLÓGICAS REGIONALES

La constitución geológica abarca una gran gama genética de complejos petromórficos, compuestos

por rocas ígneas extrusivas (traquiandesitas, dacitas y productos piroclásticos) y sedimentarias. Sus edades oscilan entre el Cretácico superior (Senoniano), el Terciario y el Cuaternario, aunque realmente, la columna estratigráfica del territorio ocupa, casi en su totalidad, todo el Cenozoico (Ortiz *et al.* (2007; Figura 2). En su base descansan rocas calcáreas cretácicas del Senoniano y sus afloramientos están restringidos al límite meridional, a unos kilómetros al este del volcán El Chichón. Sobre este zócalo local se presentan secuencias terciarias y cuaternarias de complejos carbonatados, calcáreos, terrígenos, volcánicos y acumulativos fluviales. En las áreas

del volcán El Chichón se extienden coberturas de materiales piroclásticos de composición traquian-desítica (<http://www.ugm.org.mx/pdf/geos02-2/CHI02-2.pdf>), estos últimos se localizan hacia el entorno de Nuevo Xochimilco (Ortiz *et al.*, 2007). Excluyendo las restantes secuencias carbonatadas y calcáreas paleoceno-miocénicas, existe una amplia cobertura de areniscas miocénicas, con desarrollo de cortezas de intemperismo, desde el poblado de Sunuapa hacia el norte del territorio.

En general, la constitución geológica refleja diferentes eventos durante la evolución geotectónica regional, como son una gran acumulación de sedimentos marinos, deformaciones plicativas y disyuntivas, y actividad volcánica en determinadas épocas, incluso hasta el presente (*Ibid.*). Las unidades sedimentarias se dividen, de forma general, en calcáreas y epiclásticas; las primeras corresponden a sedimentos depositados durante el Cretácico, mientras que las segundas son rocas cuya edad varía del Paleoceno al Mioceno tardío (*Ibid.*). El Plioceno y el Holoceno se caracterizan por depósitos de planicies fluviales y lacustres, así como por depósitos piroclásticos y rocas volcánicas del volcán El Chichón, aún activo, cuyo origen está asociado con sistemas de fallas transcurrentes izquierdas (García *et al.*, 2004).

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización geológica

Para la caracterización geológica del área en estudio, se utilizaron la carta geólogo-minera E15-8 (Villa Hermosa), a escala 1:250 000, de INEGI (1983); la onografía Geológico-Minera del estado de Chiapas, del Consejo de Recursos Minerales (1999); el mapa geológico del área, de Carfantan (1986); los estudios volcano- tectónicos de García *et al.* (2004); y la Geología del estado de Chiapas (De la Rosa *et al.*, 1989); y diversos trabajos geológicos de la VI Convención Geológica Nacional de la Sociedad Geológica Mexicana (Instituto de Geología, 1983), con lo que se confeccionó el mapa geológico del área (Ortiz *et al.*, 2007; Figura 2).

Análisis morfogenético

Las principales tareas y métodos del levantamiento geomorfológico (morfogenético) analítico fueron los siguientes:

a) Interpretación estereoscópica de las fotografías aéreas, a escala 1:75 000 (INEGI, 2000), enfocada a la delimitación de los tipos morfogenéticos del relieve y al mapeo del complejo de sus formas genéticas; *b)* elaboración de los modelos digitales de elevación y de sombreado, partiendo de las bases digitales con información tridimensional y el procesamiento automatizado en Arc Gis, v. 9 (spatial analysis), para el análisis de la orientación estructural del relieve (Palacio *et al.*, 1991); *c)* métodos morfométricos, aplicados a partir del modelo digital de elevación y las bases cartográficas a escala 1:50 000 (INEGI, 2005), dirigidos a diferenciar los parámetros geométricos y cuantitativos del relieve (hipsometría, ángulo de inclinación de las pendientes, profundidad de disección y densidad de disección); *d)* análisis de las deformaciones tectónicas de las superficies de planación (Hernández *et al.*, 1989; Díaz *et al.*, 1991) para revelar sus espectros y deformaciones tectónicas, y para la identificación de las subcategorías geomorfológicas; *e)* trabajo de campo dirigido al análisis de las anomalías tectónicas regionales y locales, de las relaciones estratigráficas del relieve, de los aspectos estructurales de yacencia y basculamiento, de verificación de límites de tipos morfogenéticos y otros aspectos, y *f)* cartografía morfogenética del relieve, contemplando los principios genético, morfométrico y cronológico relativo.

Partiendo de los criterios de clasificación morfogenética del relieve (Verstappen y van Zuidam, 1991; Portela *et al.*, 1989; Gustavsson *et al.*, 2006; Hernández *et al.*, 2007) y de las peculiaridades geomorfológicas generales del territorio, los autores de este trabajo propusieron los niveles jerárquicos siguientes: 1. *Categorías básicas del relieve*, determinadas por las diferencias en la amplitud e intensidad de los movimientos neotectónicos (N-Q), expresadas en escalones morfestructurales de montañas, premontañas, lomeríos y sistemas de planicies; 2. *Piso altitudinal (en m) de las subcategorías del relieve* (montañas bajas y premontañas; lomeríos; y planicies muy altas, altas, medianas,

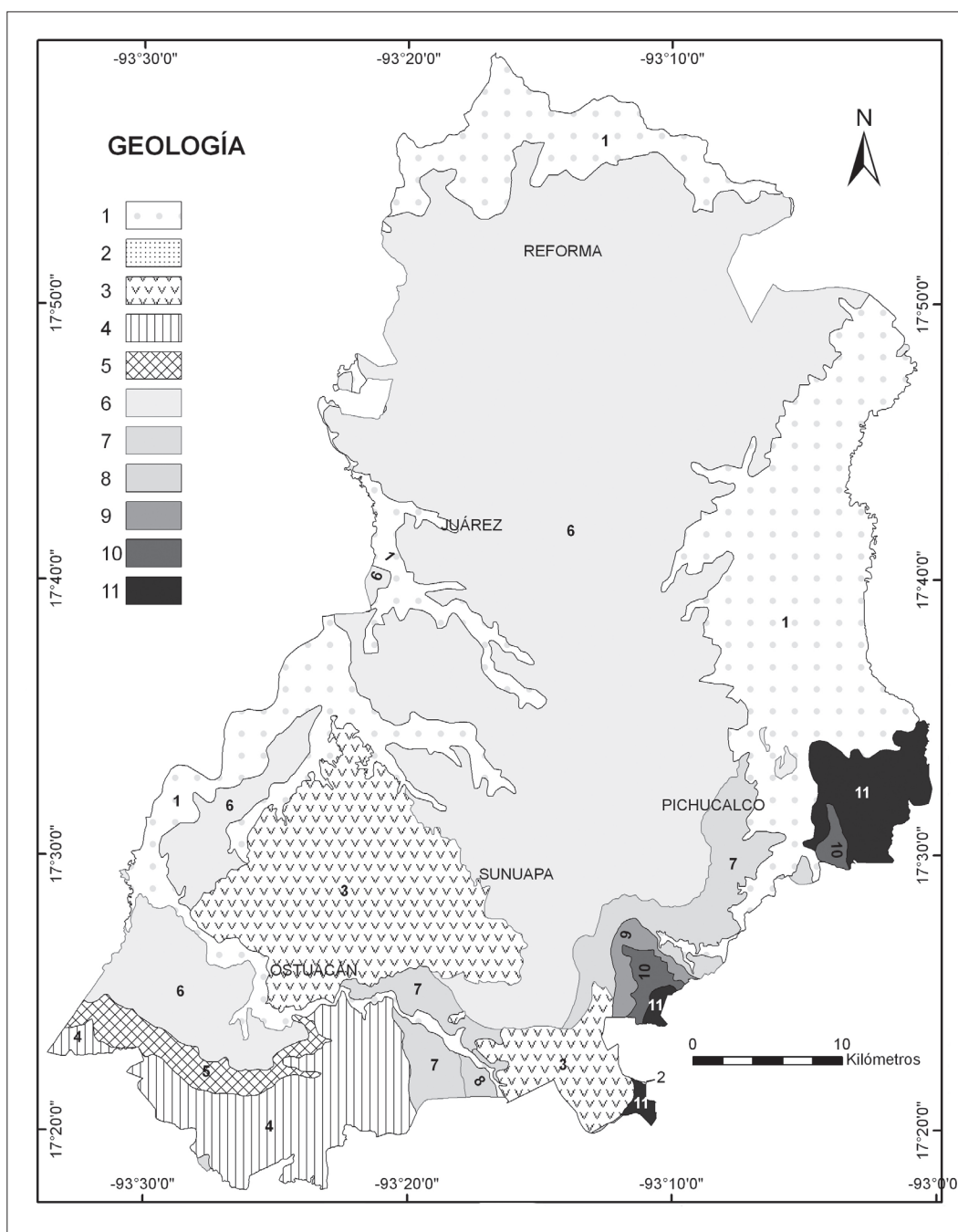


Figura 2. Constitución geológica del área en estudio (Ortiz *et al.*, 2007): 1. Holoceno: aluviones recientes; 2. Plioceno-Pleistoceno: depósitos fluvio-lacustres; 3. Plioceno-Cuaternario: traquiandesitas, dacitas y productos piroclásticos; 4. Mioceno inferior-medio, areniscas, margas y calizas arrecifales; 5. Mioceno inferior-medio, conglomerados deltaicos; 6. Mioceno, areniscas; 7. Oligoceno, areniscas, pelitas, calizas detríticas y arrecifales; 8. Eoceno: areniscas, argelinas y calizas detríticas; 9. Eoceno medio superior: margas y calizas; 10. Eoceno inferior: conglomerados poligenéticos; y 11. Paleoceno: margas, areniscas y calizas.

bajas y muy bajas); 3. *Tipo morfogenético específico del relieve*, según su morfología, morfometría y proceso genético de formación, con indicaciones sobre su substrato geológico, así como su edad relativa; 4. *Complejo genético de formas del relieve* (tectónicas, erosivas, denudativas, fluviales, lacustres, antropogénicas, y otras), mediante símbolos de acuerdo con la convención internacional (Verstappen y van Zuidam, 1991; Gustavsson *et al.*, 2006). Toda la información geomorfológica se procesó en Arc GIS, v. 9 (*spatial analysis*).

RESULTADOS

Un estudio geomorfológico, con fines de caracterización analítica del relieve debe contemplar valoraciones morfológicas, morfométricas, morfoestructurales, cronomorfogenéticas y dinámicas, de modo que satisfaga la amplia gama de enfoques requeridos para conocer y evaluar las dimensiones, la formación y la consolidación de la estructura del relieve, el origen de su modelado exógeno y su dinámica general. Algunos de estos aspectos geomorfológicos se representan cartográficamente en los mapas hipsométrico, de los ángulos de inclinación de las laderas, de la disección vertical, de la densidad de disección, de las categorías y subcategorías básicas del relieve, y de la cronomorfogénesis o geomorfológico general.

Análisis morfométrico del relieve

Hipsometría

En el territorio las características hipsométricas del relieve reflejan un gran núcleo montañoso, compuesto por la edificación volcánica de El Chichón, con una altitud de 1 260 m y las cúspides de los cerros El Cucayo, El Zopilote y otros, en la zona centro-meridional, con altitudes entre 900 y 1 100 m. Rodeando este núcleo sobresalen las áreas premontañas del valle del río Grijalva, de Amacoite Segunda, del cerro La Pigua-Maspac, de Nuevo Xochimilco, de Sunuapa, del Llano-Samba-Cerro de Cal, de la Sierra de Manchas Blancas y de Cerro Santa Cruz, todas con altitudes máximas entre 400 y 800 m (Figura 3).

Hacia el norte de estas estructuras se extienden

lomeríos con altitudes entre 200 y 300 m, que abarcan las zonas occidental de la presa Peñitas y de la comunidad Amacoite Segunda, en las cuencas inferiores de los ríos El Mico, Conapo y Chomal, en las áreas circundantes a Camoapa, en Belisario Domínguez, en El Secadero y al norte de El Azufre. Ocupan la zona axial del territorio y hacia el norte se extienden amplias planicies, todas ellas localizadas en los niveles hipsométricos inferiores a los 200 m de altitud.

Ángulos de inclinación de las laderas

Los principales pisos hipsométricos reflejan también una notable influencia en el comportamiento y la distribución de las inclinaciones de las laderas, en cada una de las categorías geomorfológicas. Los intervalos seleccionados fueron: 0°-2°, 2.1°-6°, 6.1°-12°, 12.1°-18°, 18.1°-30°, 30.1°-45° y mayor de 45°.

En este sentido, las mayores pendientes (mayor a 45°), tanto en inclinación como en longitud, se presentan en la edificación volcánica de El Chichón, en las escarpas kárstico-denudativas del valle del río Grijalva, en las premontañas de Maspac (al oeste de El Chichón), en las montañas bajas de los cerros El Zopilote y El Cucayo, en las laderas de la estructura circular de Manchas Blancas (al suroeste de Pichucalco) y en las laderas periféricas de las premontañas de El Azufre, entre los principales sectores más inclinados. Precisamente, esta distribución corresponde con la localización de los substratos calcáreos y extrusivos (andesíticos) más resistentes, los cuales, bajo la acción de los procesos geomórficos del modelado, generan escarpas de tipo gravitacional y kárstico-gravitacional. Este tipo de ladera es frecuente en el valle encajado del río Grijalva, aguas arriba de la presa Peñitas, donde el 2 de noviembre de 2007 ocurrió un megadeslizamiento que destruyó el poblado de Juan de Grijalva, con la pérdida de 15 personas y la desaparición de otras diez; además, bloqueó el curso del referido río (<http://www.el-universal.com.mx/notas/461857.html>).

Las pendientes con valores entre 18.1°-30° y 30.1°-45°, se presentan en las premontañas y en los lomeríos altos, que las circundan por el norte; así como muy aisladamente en los lomeríos bajos, y en

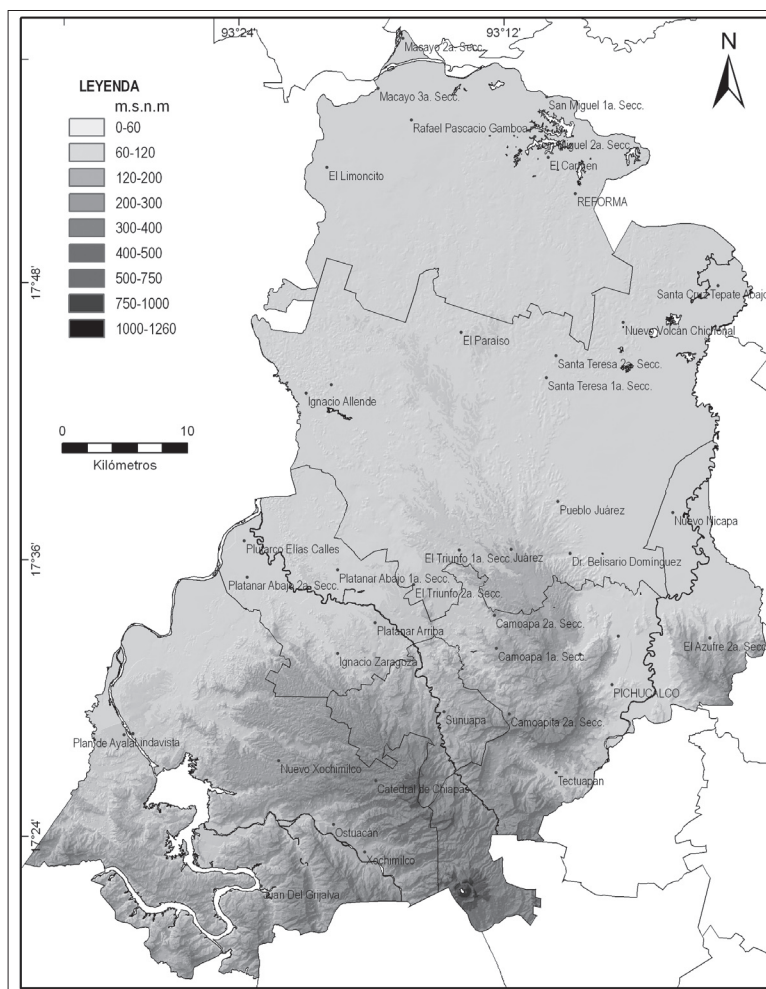


Figura 3. Principales rasgos hipsométricos del relieve en m: 1. 20-60; 2. 60-120; 3. 120-200; 4. 200-300; 5. 300-400; 6. 400-500; 7. 500-750; 8. 750-1 000, y 9. 1 000-1 260.

las planicies altas y muy altas, colinosas y muy disecionadas. Finalmente, en las planicies medias, de colinosas a onduladas y ligeramente disecionadas, situadas al norte y al este del territorio, predominan los valores entre 6.1° - 12° y 12.1° - 18° ; y en las bajas, planas (planicies acumulativas de inundación de los ríos Grijalva y Pichucalco, y planicie lacustre septentrional de Reforma), la inclinación alcanza valores inferiores a los 2° .

Diseción vertical del relieve

En las zonas montañosas y en la cima del volcán El Chichón, los cerros de El Cucayo y El Zopilote, el sector suroccidental de la Sierra Manchas Blancas, y las premontañas de Maspac, se presentan los valores máximos de profundidad de encajamiento

erosivo del relieve, con valores entre 500 y 600 m; la parte más elevada es la ladera suroccidental de El Chichón, entre 600 y 700 m (Figura 4). Con valores entre 300 y 500 m de diseción vertical, se encuentra la mayor extensión del escalón montañoso y premontañoso, con la exclusión de las premontañas elaboradas sobre los materiales piroclásticos de composición traquiandesítica, en el entorno de Nuevo Xochimilco, donde la resistencia y la edad relativamente joven del substrato determinan poco desmembramiento, y forman un relieve mesiforme volcánico. El escalón geomorfológico correspondiente a los lomeríos presenta valores de diseción vertical entre los 100 y los 200 m. Hacia el norte, en las planicies muy altas, altas y medias, los valores oscilan, de manera general, entre 50-100 y 20-50,

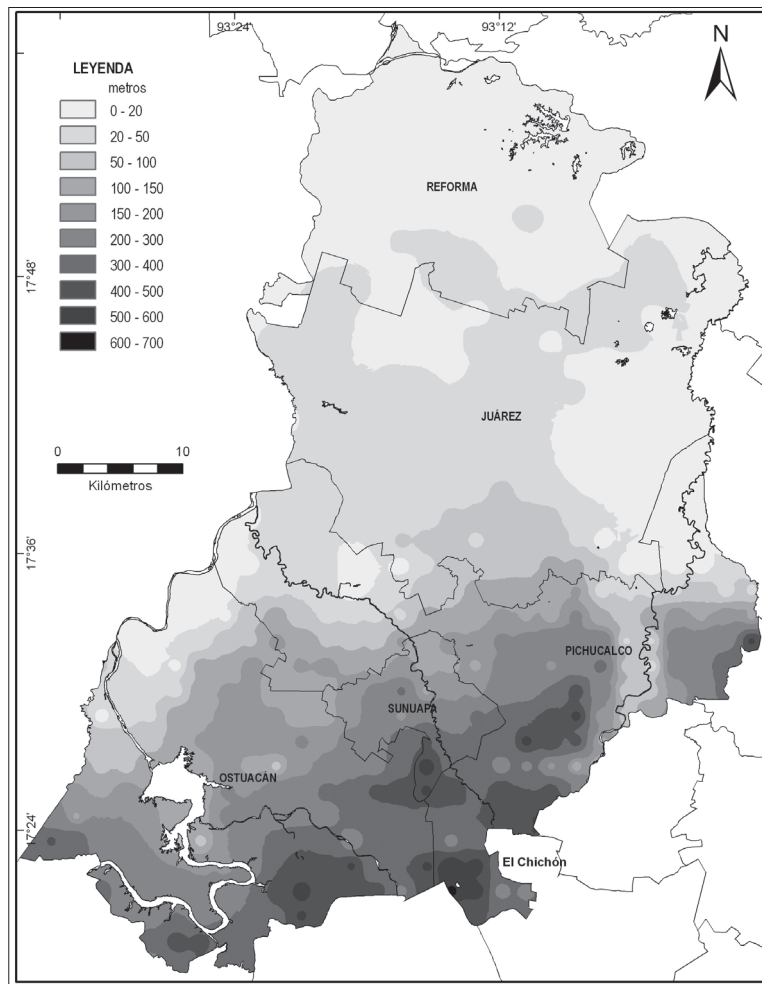


Figura 4. Expresión geomorfológica de la disección vertical o de energía del relieve, en m. 1. 0-20; 2. 20-50; 3. 50-100; 4. 100-150; 5. 150-200; 6. 200-300; 7. 300-400; 8. 400-500; 9. 500-600, y 10. 600-700.

respectivamente, mientras que en las bajas (fluviales y lacustres planas) entre 0 y 20.

Densidad de disección del relieve

Los mayores valores se concentran hacia las laderas noroccidentales del volcán Chichónal y los núcleos de las montañas de los cerros El Cucayo y El Zopilote ($4.0-5.0 \text{ km/km}^2$), donde el relieve posee elevada energía y el sustrato de materiales piroclásticos y de areniscas contribuye a densificar la red de drenaje. Otras zonas con alta densidad de disección ($3.0-4.0 \text{ km/km}^2$) están al oeste de la localidad de Nuevo Xochimilco, también sobre los materiales extrusivos, y el sector de planicies al suroeste de Reforma, donde las areniscas facilitan la amplia ramificación de las redes fluviales (Figura 5).

Para las premontañas, los lomeríos y las planicies, los valores de densidad de disección alcanzan entre los $2.0-3.0 \text{ km/km}^2$, y ocupan fundamentalmente el relieve elaborado sobre sustratos terrígenos y carbonatados. Hacia las planicies periféricas (fluviales y lacustres) los valores predominan entre los $0.5-1.0 \text{ km/km}^2$.

Morfogénesis y evolución del relieve

Atendiendo a la diferenciación del basamento geológico y de las categorías geomorfológicas del relieve (Figura 6), el territorio se puede dividir en varias regiones geomorfológicas principales:

I. Montañas bajas y premontañas, consolidadas durante el Plioceno al Cuaternario (N_2-Q), divididas

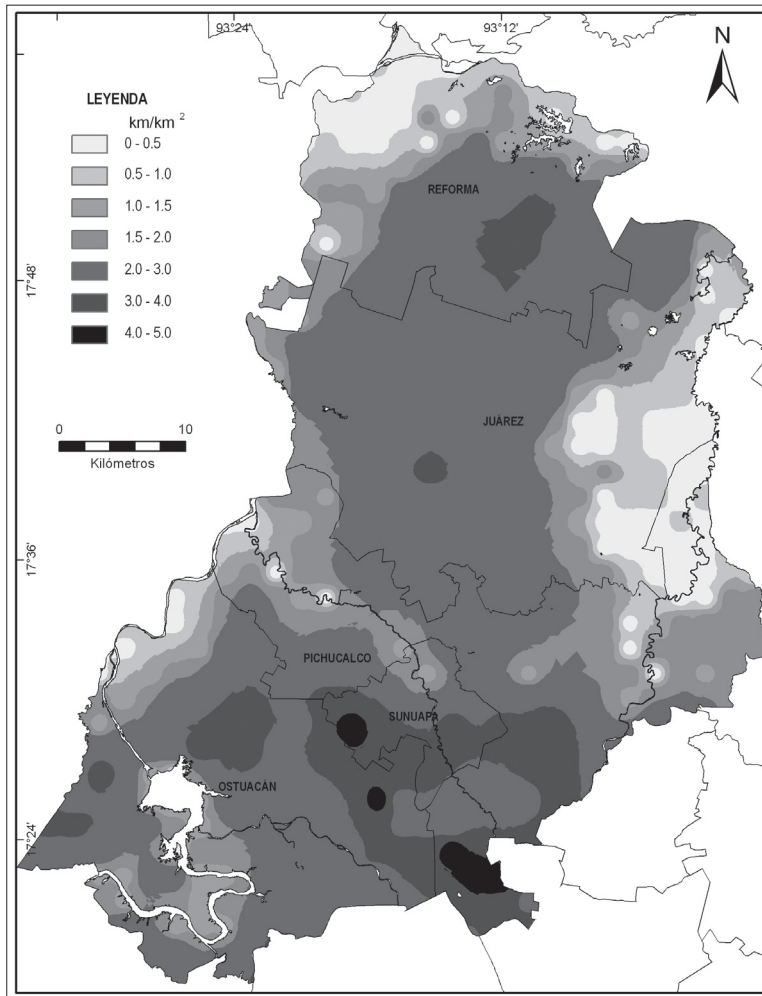


Figura 5. Variaciones espaciales de la densidad de disección o de disección horizontal del relieve, en km/km^2 . 1. 0-0.5; 2. 0.5-1.0; 3. 1.0-1.5; 4. 1.5-2.0; 5. 2.0-3.0; 6. 3.0-4.0, y 7. 4.0-5.0.

en siete tipos morfogenéticos (los números de los tipos morfogenéticos responden a la leyenda de la Figura 7).

Las edades de los escalones montañosos y premontañosos fueron asumidas sobre el criterio de datación relativa con respecto al sustrato geológico; gran parte de estos escalones de montañas están esculpidos sobre areniscas del Oligoceno y del Mioceno, por lo que la edad de dichas edificaciones y sus superficies cumbrales se corresponde con el modelado durante todo el Plioceno y el Cuaternario. Entre estos siete tipos morfogenéticos montañosos se encuentran:

1. Montañas bajas, con superficies esculturales de tipo volcánico, con predominio de intensa modelación erosivo-denudativa, con un sustrato constituido por materiales piroclásticos de com-

posición traquiandesítica, presentando densa y profunda disección vertical. La litología del sustrato de todos los tipos del relieve identificados fue obtenida de los trabajos de Ortiz *et al.* (2007).

2. Montañas bajas con superficies esculturales erosivo-denudativas, sobre areniscas terrígenas miocénicas, con aislada cobertura piroclástica plio-cuaternaria y afloramientos dispersos de rocas calcáreas con procesos erosivo-kársticos; profundamente diseccionadas, con desarrollo de cortezas de intemperismo. Este tipo de relieve se localiza en las montañas pertenecientes a los cerros El Zopilote y El Cucayo, donde existe un patrón morfotectónico del relieve con orientación norte-sur. Un elemento morfológico singular de esta zona es la presencia de afloramientos calcáreos en las cumbres, deter-

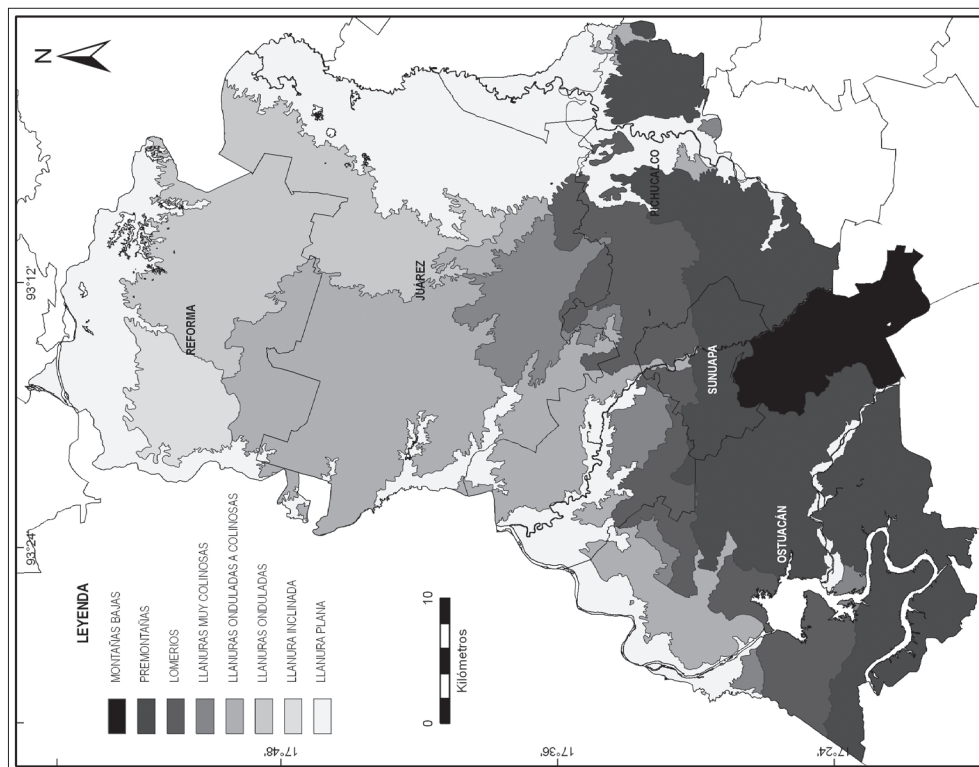


Figura 6. Espectro de categorías básicas del relieve. 1. Montañas bajas, $800 < H \leq 1260$ m; 2. Premontañas, $1260 < H \leq 3000$ m; 3. Lomeríos, $3000 < H \leq 8000$ m; 4. Planicies muy colinosas, $60 < H \leq 200$ m; 5. Planicies onduladas a colinosas, $40 < H \leq 60$ m; 6. Planicies onduladas, $20 < H \leq 40$ m; 7. Planicies mesiformes, $20 < H \leq 40$ m, y 8. Planicies planas, $H < 20$ m.

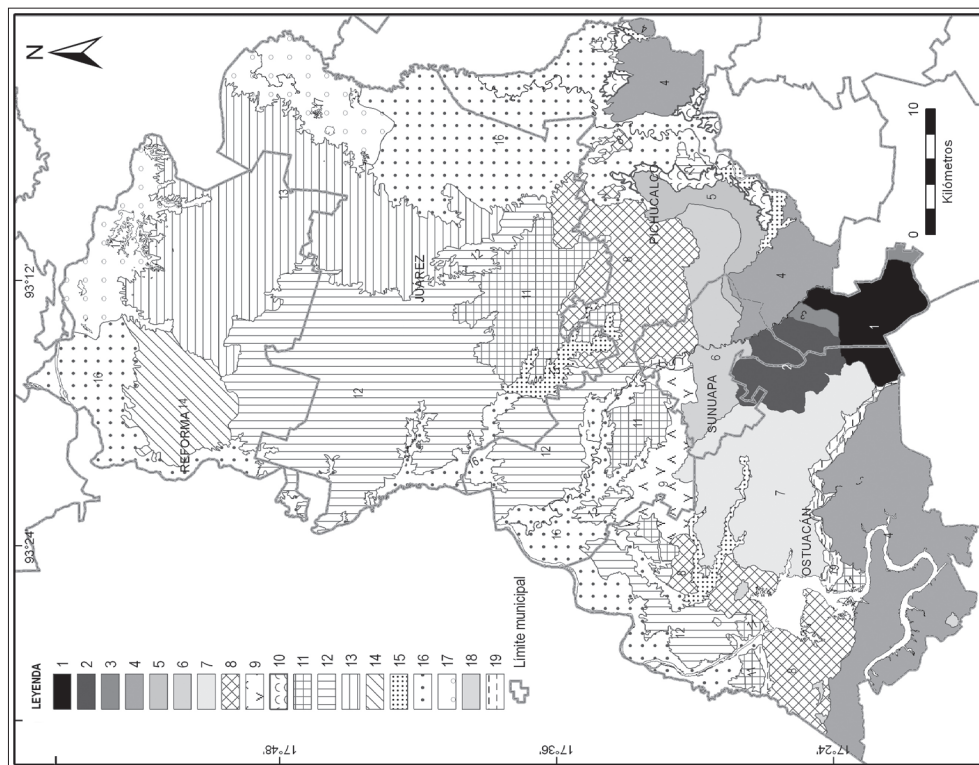


Figura 7. Tipos geomorfológicos del relieve, bajo un enfoque cronomorfológico. Los tipos del relieve están descritos y evaluados en el texto.

minando la formación de crestas “blindadas”, muy basculadas (Figura 8).

3. Montañas bajas con superficies esculturales erosivo-kársticas, formadas sobre secuencias calcáreas oligoceno-miocénicas (margas, areniscas y calizas); moderadamente diseccionadas y con moderado nivel de karstificación, que ocupan cadenas y crestas estructurales.

4. Premontañas con superficies esculturales kárstico-denudativas, con restos areales mesiformes y parteaguas principales rectilíneos, controlados tectónicamente, con notable disección erosivo-kárstica; formadas sobre margas, calizas y areniscas calcáreas paleoceno-miocénicas. Representa el sector suroeste del territorio, en el valle medio del río Grijalva (aguas arriba de la presa Peñitas). Predominan las superficies de planación mesiformes, aunque se distribuyen aisladamente niveles cumbrales cupuliformes y lineales de parteaguas kárstico-denudativos. Los valles del río Grijalva y de sus afluentes se desarrollan en forma de desfiladeros y de cañones, que presentan escarpas kárstico-denudativas, aunque sus trazas están parcialmente controladas por elementos disyuntivos. La actividad tectónica se evidencia por la presencia de sectores de valles fluviales colgados, como se aprecia en el valle alto del río Amacoite.

5. Premontañas con superficies esculturales kárstico-erosivas, formadas en calizas detríticas y arrecifales, y areniscas oligocénicas, en estructuras anulares o semicirculares, de carácter escalonado,

moderadamente diseccionadas, karstificadas en cadenas cupuliformes. También con un substrato calcáreo oligocénico, configura el borde convexo de una litomorfoestructura semicircular, producida por el contacto con las areniscas miocénicas, abiertas en valles erosivos remontantes hacia el norte. El relieve está muy karstificado, y se expresa morfológicamente como sierras amogotadas o de cumbre en forma de cúpula, raramente en forma de cúspides cónicas (Sierra Manchas Blancas).

6. Premontañas con superficies esculturales erosivo-denudativas, en superficies escalonadas y escarpadas, moderadamente diseccionadas, formadas en areniscas terrígenas miocénicas, con frecuente litomorfoestructuras de contacto con calizas oligocénicas y extrusivos plioceno-cuaternarios. Hacia su extremo oriental, se abre el anfiteatro erosivo-gravitacional, determinado por el contacto entre el complejo calcáreo oligocénico de la Sierra Manchas Blancas y el terrígeno miocénico.

7. Premontañas con superficies esculturales denudativo-erosivas, en cadenas mesiformes volcánicas y estructurales, escalonadas en niveles, poco diseccionadas, periféricas, de articulación con lomeríos y planicies, formadas en areniscas, pelitas y argelitas oligocénico-eocénicas, con cobertura de materiales piroclásticos plioceno-cuaternarios (Figura 9). Constituye el extremo occidental del escalón premontañoso del territorio, en la región circundante a Nuevo Xochimilco; por su composición litológica y la edad joven (N_2-Q) de la



Figura 8. Premontañas de bloque en monoclinal, basculadas, elaboradas sobre calizas detríticas y arrecifales oligocénicas, localizadas 3 km al sur del pueblo de Sunuapa.

misma, resistente a la erosión y a otros procesos exógenos, su relieve se presenta en forma de mesas volcánicas escalonadas, de moderada a ligeramente diseccionadas, aunque sus bordes constituyen escarpas denudativo-erosivas notables, con algunos sectores controlados por la tectónica, que determinan el emplazamiento de depresiones de graben y semigraben, por donde los ríos Ostuacán, Copano, Pucina y otros, han conformado sus valles erosivo-acumulativos.

II. Lomeríos o elevaciones, consolidados durante el Plioceno superior-Cuaternario ($N_2^3 Q$), divididas en tres tipos morfogenéticos:

8. Lomeríos con superficies esculturales erosivo-denudativas, diseccionadas, con restos escalonados aislados de superficies de planación, elaborados sobre areniscas terrígenas miocénicas, con desarrollo de cortezas de intemperismo. Las cuencas altas de los ríos Camoapa, San Miguel y Mazna, y la media del río Platanar ocupan el desmembramiento erosivo de estos lomeríos (Figura 10).

9. Lomeríos con superficies esculturales denudativo-erosivas, en cadenas mesiformes volcánicas y estructurales, escalonadas en niveles, poco diseccionadas, con baja densidad erosiva, con relictos areales y lineales de superficie de planación, formadas en zócalo miocénico de areniscas terrígenas, cubiertas por derrames andesítico-dacíticos y piroclásticos plio-cuaternarios.

10. Lomeríos con superficies esculturales

kárstico-erosivas, moderadamente diseccionadas, karstificadas en cumbres lineales en forma de aristas y en cadenas cupuliformes, formadas sobre calizas detríticas y arrecifales, margas y areniscas del Paleoceno-Oligoceno. Presentan una expresión estructuro-denudativa, determinada por su substrato de calizas oligocénicas. Ocupan la periferia del valle alto y medio del río Pichucalco, así como las estribaciones de contacto entre las premontañas El Azufre, al este del territorio, y la planicie fluvial del mismo río. Su mayor desarrollo también se localiza, de manera anular, bordeando la base de las premontañas de Sierra Manchas Blancas, inmediatamente localizada al oeste y sur del poblado de Pichucalco.

III. Planicies, consolidadas durante el Cuaternario (Q)

11. Planicies estructuro-denudativas, con superficies esculturales erosivo-denudativas, muy altas y altas, escalonadas y colinosas, fuertemente diseccionadas, formadas sobre areniscas miocénicas; en localidades cubiertas por materiales piroclásticos plio-cuaternarios, como Nuevo Xochimilco, con desarrollo de cortezas de intemperismo, con altitudes entre 60 y 200 m. Constituyen la zona de transición entre el escalón de lomeríos y las planicies septentrionales. También es notable el desarrollo de los procesos de intemperismo, y dado su uso ganadero, el de los procesos erosivos y denudativos, con muchas formas del relieve,



Figura 9. Superficies planas de las mesas volcánicas y escarpas erosivo-denudativas fuertes de sus límites, a 5 km al noroeste de Nuevo Xochimilco.

propiciadas por el ganado, como surcos, senderos de ganado y cárcavas.

12. Planicies estructuro-denudativas, con superficies esculturales denudativo-erosivas y denudativas, medianas, con altitudes entre 40 y 60 m, onduladas a colinosas, mediana a fuertemente diseccionadas, sobre cortezas de intemperismo en areniscas miocénicas y sobre depósitos aluviales diferenciados, en aisladas ocasiones sobre calizas y margas eocénicas. Representan el tipo de planicie más extendido en el territorio, y ocupan las regiones de Platanar Abajo 1ra. Sección, Ignacio Allende y El Paraíso. Son planicies con mucha desmembración y con desarrollo notable del intemperismo. Un rasgo geomorfológico exclusivo es la presencia de dos cuencas endorreicas en las cuencas de los ríos Jahuacte, El Laurel y El Turbio, generados probablemente por diferencias faciales de las areniscas, con cambios de arcillosas a carbonatadas, lo que determina disolución diferenciada y transporte.

13. Planicies estructuro-denudativas con superficies esculturales denudativo-erosivas, ligeramente onduladas, bajas a medianas, con altitudes entre 20 y 40 m, sobre cortezas de intemperismo en areniscas terrígenas miocénicas. Con un control tectónico total norte-sur, que determina la configuración de la red hidrográfica, la orientación de la disección de la planicie, a manera de cadenas estructurales de idéntica orientación. Se extienden desde Pueblo Juárez hasta Santa Teresa, Reforma y El Carmen.

14. Planicies estructuro-denudativas con super-

ficies esculturales denudativo- acumulativas, planas a ligeramente onduladas, muy poco diseccionadas, formadas en areniscas cuarcíticas miocénicas, con desarrollo débil de cortezas de intemperismo. Es una planicie cuasiplana, con divisorias areales y muy poca disección vertical y horizontal, determinado por la resistencia de las areniscas cuarcíticas a la erosión.

15. Planicies fluviales con superficies esculturales erosivo-acumulativas, en depresiones de falla y estructura compleja, en ocasiones de contacto litológico, elaboradas en zócalo indiferenciado del Terciario y con acumulaciones de depósitos cuaternarios, presentes en los tercios alto y medio de los ríos Pichucalco, San Miguel, Camoapa, Copano y Pucina.

16. Planicies fluviales con superficies esculturales denudativo-acumulativas, de planos de inundación, planas, en cuencas de graben y semigraben, constituidas por depósitos fluviales cuaternarios, sin diferenciación de niveles. Se localizan en la cuenca inferior del río Platanar, Camoapa, Nuevo Mundo y en las extensas planicies de los ríos Grijalva y Pichucalco, donde existen amplios planos de inundación bajo y alto, en ocasiones inundados durante largos periodos de avenidas fluviales.

17. Planicies fluvio-lacustres con superficies esculturales acumulativas, muy bajas, planas, pantanosas, formadas sobre sedimentos lacunopalustres holocénicos (arcillas, limos, arenas). Son los tipos del relieve más jóvenes del territorio

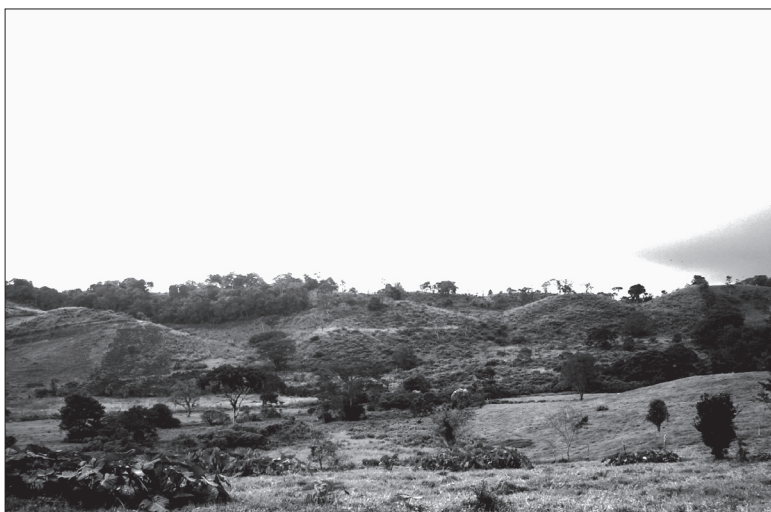


Figura 10. Lomeríos diseccionados, muy cerca de la región Dr. Belisario Domínguez.

(Figura 11), condicionados por el régimen tectónico diferenciado en las planicies del norte de Tabasco. En estos sectores es evidente la actividad de procesos de subsidencia actual. En un futuro sería recomendable la determinación de la “naturalidad” de este proceso, o si es el resultado de procesos antrópicos de inducción contemporánea, debido a la extracción petrolera.

En el fondo de los principales tipos morfogenéticos del relieve se encuentran desarrollados algunos tipos de depresiones, con superficies esculturales erosivo-acumulativas, en valles colgados, con amplios niveles fluviales erosivo-acumulativos, como testigos de épocas de estabilidad tectónica (Tipo 18, en Figura 7), localizados en sectores del río Amacoite y en sectores de afluentes del Río Grijalva, en el extremo suroeste. También se presentan tipos de depresiones estructurales con superficies esculturales erosivo-acumulativas, en depresiones de graben y semigraben, amplias, con niveles indiferenciados de terrazas erosivas (Tipo 19, en Figura 7). El relieve erosivo-acumulativo fluvial, en depresiones estructurales, desarrollan amplios planos de inundación, incluso con sectores trenzados de río, como ocurre en el valle del río Ostuacán, al nivel de la cabecera municipal, donde existen islas fluviales de varias decenas y hasta centenares de metros de ancho. Un panorama algo parecido, pero sin tramos trenzados, pero si con niveles erosivos altos, se presenta en el curso medio del río Platanar.

El complejo de formas del relieve (tectónicas, volcánicas, litoestructurales o petromórficas, fluviales, denudativas, kársticas, pseudo-kársticas, lacustres y antrópicas) reportó un total de 34 formas del relieve, que fueron excluidas de la Figura 7 por limitaciones de la escala cartográfica y por el alcance del trabajo, relacionado más con los tipos del relieve y su evolución, que con los morfoelementos locales.

La presencia de sectores de valles colgados y de planicies intramontañas elevadas, en los valles de los ríos Amacoite y Contreras, en el límite suroeste del territorio, reflejan la notable intensidad de la neotectónica durante el Cuaternario. Paralelamente a estas evidencias, existen también valles de rápido crecimiento remontante y lateral en el contexto de las planicies altas, relativamente jóvenes, como los de los ríos Copano, Platanar (cuenca inferior), El Vicente, Nuevo Mundo, y otros. Los procesos erosivos se estiman en mayores de 10 T/ha/año (Colegio de la Frontera Sur, 2003), lo que sustenta el elevado nivel de desmembramiento en las llanuras estructuro-tectónicas altas y medias.

CONCLUSIONES

La compleja evolución geológico-geomorfológica del extremo noroccidental de la Sierra Norte de Chiapas y de su zona de articulación con las pla-



Figura 11. Planicie lacustre al norte de la ciudad de Reforma. Obsérvense las características del microrrelieve, con rangos morfométricos diferenciados del orden de decenas de centímetros.

nicies estructurales y deltaicas tabasqueñas, está caracterizada por el emplazamiento de antiguas estructuras de plegamiento, correspondientes a la Orogenia Laramide (Cretácico superior-Eoceno inferior); por la actividad de los movimientos neotectónicos (Mioceno-Cuaternario) y su diferenciación en bloques verticales, deformados por el sistema de transcurrencias de izquierda, de estilo Caribe septentrional; por la actividad volcano-tectónica reciente de El Chichón; así como por la intensidad de los procesos del modelado exógeno, en condiciones del Trópico Húmedo y de un substrato litológico diferenciado.

En gran parte de este territorio y de sus vecinos meridionales y orientales, dicha heterogeneidad litológica entre los substratos carbonatados (cálcareos) y los terrígenos ha determinado el desarrollo de litomorfoestructuras anulares en sus zonas de contacto, con amplia distribución de laderas bipétreas y de modelado kárstico, como blindaje y expresión de dichas estructuras, como ocurre en Sierra Manchas Blancas, Pichucalco, y al sur del volcán El Chichón. Por otra parte, esta difundida disposición entre substratos terrígenos y carbonatados determina situaciones estructurales e hidrogeológicas muy favorables al desencadenamiento de procesos de remoción en masa; tal es el caso del valle del río Grijalva, aguas arriba de la presa Peñitas. A su vez, en las premontañas y montañas de El Cucayo-El Zopilote, la sobreyacencia calcárea sobre otras litologías ha determinado “sombrosos de blindaje” en las cúspides, una gran parte basculados en estructuras monoclinales.

Las superficies de cima de las planicies muy colinosas, colinosas y onduladas septentrionales (del pueblo de Juárez a la ciudad de Reforma), formadas sobre las areniscas miocénicas, reflejan un espectro escalonado de antiguos niveles de planación marina durante el Plioceno tardío y el Pleistoceno, actualmente modificados por procesos erosivo-denudativos intensos. La distribución escalonada actual de estos restos erosivo-abrasivos es el resultado del proceso de aplanamiento del perfil original del depocentro terrígeno del Terciario superior.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Instituto de Historia Natural y Ecología del Gobierno de Chiapas el financiamiento del proyecto “Ordenamiento Ecológico Territorial de la Zona Petrolera de la Región V Norte de Chiapas”, del cual derivaron los resultados de este trabajo. A su vez, expresan sus agradecimientos a los árbitros anónimos por la revisión del manuscrito.

REFERENCIAS

- Carfantan, J. Ch. (1986), *Du sistema cordillerain Nord-Americain au domaine Caraibe. Etude geologique du Mexique Meridional*, these du doctorat d'Etat es Sciences, Universite de Savoie, France, v. I y II.
- Consejo de Recursos Minerales (1999), *Monografía Geológico Minera del Estado de Chiapas*, México.
- Colegio de la Frontera Sur (2003), *Programa Estatal de Ordenamiento Territorial de Chiapas*, Tuxtla Gutiérrez.
- De La Rosa Z., J. L. A. Ebohi M. y M. Dávila S. (1989), *Geología del estado de Chiapas*, Subdirección de Construcción, Unidad de Estudios de Ingeniería Civil, Subjefatura de Estudios Geológicos, Departamento de Geología, Superintendencia de Estudios Zona Sureste.
- Díaz Díaz, J. L., A. R. Magaz García, J. R. Hernández Santana, A. Venereo Morales y F. Pérez Cárdenas (1991), “Reconstrucción tectónica local mediante el análisis de la morfoescultura marina en la franja costera río Seco-Punta Maisí, provincia de Guantánamo, Cuba”, en *Morfotectónica de Cuba Oriental*, Ed. Academia, La Habana, pp.19-23.
- García Palomo, A., J. L. Macías and J. M. Espíndola (2004), “Strike-slip faults and K-alkaline volcanism at El Chichón volcano, southeastern Mexico”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 136, pp. 247-268.
- Gustavsson, M., E. Kolstrup and A. C. Seijmonsbergen (2006), “A new symbol-and-GIS based detailed geomorphological mapping system: renewal of a scientific discipline for understanding landscape development”, *Geomorphology*, 77(1-2), pp. 90-111.
- Hernández Santana, J. R., R. González Ortiz, A. Venereo Morales y F. Pérez Cárdenas (1989), “Deformaciones tectónicas de las terrazas marinas de la Sierra Maestra, Cuba”, *Ciencias de la Tierra y del Espacio*, núm. 15-16, pp. 115-130.

- Hernández Santana, J. R. y M. A. Ortiz Pérez (2005), "Análisis morfoestructural de las cuencas higrográficas de los ríos Sabana y Papagayo (tercio medio-inferior), estado de Guerrero, México", *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. 56, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 7-25.
- Hernández Santana, J. R., A. P. Méndez Linares y M. Figueroa Mah Eng (2006), "Geomorfología", *Ordenamiento ecológico territorial de la zona petrolera de la región V Norte del estado de Chiapas*, Instituto de Historia Natural y Ecología de Chiapas, pp. 36-78.
- Hernández Santana, J. R., A. P. Méndez Linares y M. Figueroa Mah-Eng (2007), "Caracterización del relieve plio-cuaternario del entorno costero del estado de Veracruz, México", *Cuaternario y Geomorfología*, v. 21(3-4), pp.113-131.
- Hernández Santana, J. Lugo Hubp y M. A. Ortiz Pérez (2007), "Morfoestructuras regionales, a escala 1:8 000 000", *Nuevo Atlas Nacional de México*, Instituto de Geografía, UNAM, México, NA-III-1, 3 hojas.
- INEGI (2000), Fotografías aéreas a escala 1: 75 000, de la zona petrolera región V Norte de Chiapas, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- INEGI (1983), *Carta geólogo-minera E15-8 (Villahermosa), a escala 1:250 000*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- INEGI (2005), Mapas topográficos digitales, a escala 1:50 000, 6 hojas, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- Instituto de Geología (1983), "El Volcán Chichonal", ponencias presentadas en el Simposio sobre el volcán Chichonal, *VI Convención Geológica Nacional de la Sociedad Geológica Mexicana*, UNAM, México.
- Lugo Hubp, J. (1990), "El relieve de la República Mexicana", *Rev. Instituto de Geología*, UNAM, México, vol. 9(1), pp. 82-111.
- Lugo Hubp, J. y Córdova Fernández de Arteaga (1990), "Geomorfología 1", en García de Fuentes, A. (ed.), *Atlas Nacional de México*, Sección Naturaleza, Instituto de Geografía, UNAM, México. vol. III, pp. IV.6.4.
- Ortega-Gutiérrez, F., L. M. Mitre Salazar, J. Roldán Quintana, J. J. Arada Gómez, D. J. Morán Zenteno, S. A. Alaníz Álvarez y A. F. Nieto Samaniego (1992), *Carta geológica de la Republica Mexicana a escala 1:2 000 000*, UNAM y CRM, 5a. ed., México [texto explicativo].
- Ortiz Pérez, M. A., C. Siebe y S. Cram (2005), "Diferenciación ecogeográfica de Tabasco", en Bueno J., F. Álvarez y S. Santiago (eds.), *Biodiversidad del estado de Tabasco*, Instituto de Biología, UNAM-CONABIO, México, cap. 14, pp. 305-322.
- Ortiz Pérez, M. A., J. R. Hernández Santana y J. M. Figueroa Mah Eng (2007), "Geología", en *Ordenamiento ecológico territorial de la zona petrolera de la región V Norte de Chiapas*, t. 1, pp. 14-36.
- Portela Peraza, A. H., J. L. Díaz Díaz, J. R. Hernández Santana, A. R. Magaz García, P. Blanco Segundo (1989), "Geomorfología", en *Nuevo Atlas Nacional de Cuba*, IV.3.2-3, Instituto Geográfico Nacional de España, Madrid.
- Verstappen, H. T. and R. A. van Zuidam (1991), *The ITC System of Geomorphologic Survey*, Netherlands.

Citas electrónicas

- <http://www.el-universal.com.mx/notas/461857.html>
<http://www.ugm.org.mx/pdf/geos02-2/CHI02-2.pdf>
http://tierra.rediris.es/CuaternarioyGeomorfologia/imagenes/vol21_3_4/21Hernandez.pdf