

# Regionalización geomorfológica del estado de Veracruz

Daniel Geissert Kientz\*

Recibido: 14 de mayo de 1999

Aceptado en versión final: 9 de agosto de 1999

**Resumen.** El conocimiento sobre el relieve del estado de Veracruz requería de una actualización, por lo que con base en la clasificación del relieve mexicano efectuada por Lugo y Córdova (1990a; 1992), se elaboró un mapa de regionalización geomorfológica a escala 1:1 000 000, que contiene 37 unidades pertenecientes a seis provincias geomorfológicas con nueve subprovincias. Además de la escala utilizada, se aporta una amplia descripción de cada unidad, por medio de criterios morfológicos, morfométricos, litológicos y geoestructurales, así como por los procesos exógenos dominantes (erosión fluvial, sedimentación, carsificación). De acuerdo con la superficie, las principales unidades cartografiadas son los lomeríos disecados, las planicies bajas de acumulación y las montañas con relieve modelado de disección. Su origen es reciente, esencialmente del Plioceno y del Cuaternario, lo que constituye una de las particularidades dominantes del relieve de Veracruz.

**Palabras clave:** Regionalización geomorfológica, estado de Veracruz, México.

**Abstract.** The current knowledge of landforms of the state of Veracruz required updating. Small-scale classification of Mexican relief (Lugo and Córdova, 1990a; 1992) was followed to elaborate a geomorphological map at a scale of 1: 1 000 000, which includes 37 units, belonging to six geomorphological provinces and nine subprovinces. The principal contribution is not only the scale. Each unit has been more fully described in terms of morphology, morphometry, lithology and geostructure. Dominant exogenic processes, such as fluvial erosion, sedimentation, and karstification have also been characterized. The major landform classes, by area, are dissected hills shaped by erosional processes, depositional low plains and eroded mountains. Recent landforms, essentially Pliocene and Quaternary, dominate the relief in Veracruz.

**Key words:** Geomorphological regionalization, state of Veracruz, Mexico.

## INTRODUCCIÓN

La geomorfología, como ciencia que estudia el relieve, contribuye al conocimiento de los procesos exógenos del pasado y del presente, y de sus manifestaciones a lo largo de la superficie terrestre. La cartografía geomorfológica permite visualizar la diversidad territorial de los aspectos del relieve y relacionarlos con otros factores ambientales.

Los rasgos geomorfológicos de una región guían en gran medida el uso de los recursos naturales, la ubicación de los asentamientos humanos y las principales actividades de la población. Por esta razón, los estudios geomorfológicos son de gran utilidad en proyectos de ingeniería civil, de ordenamiento ecológico y de impacto ambiental, de manejo de cuencas hidrológicas, de análisis de riesgo ambiental y de planeación agrícola y urbana, entre otros. El relieve tiene también un gran valor escénico por la belleza de los paisajes naturales, por lo que éstos representan una interesante atracción para el turismo.

Conforme se ha incrementado el conocimiento geográfico de México, se han elaborado diversas clasificaciones de su relieve. Lugo y Córdova (1992) documentaron nueve propuestas, elaboradas entre 1916 y 1990, que dividen al territorio mexicano en grandes unidades basadas en el principio de la homogeneidad del relieve. Dichas unidades quedan contenidas en el rango del tercer orden, dentro de una escala de siete órdenes, donde el primero es de megadimensiones (millones de km<sup>2</sup>) y el séptimo de microdimensiones (cm<sup>2</sup> a m<sup>2</sup>; según Piotrovsky, citado en Lugo, 1991). Todos estos trabajos de regionalización enfrentaron problemas de delimitación de unidades y de toponimia, producto de la carencia de un sistema taxonómico completo de las formas de relieve y de la variabilidad del lenguaje geomorfológico. Como parte de una nueva etapa para actualizar y homogeneizar el conocimiento del relieve de la República Mexicana, Lugo y Córdova (1990b) propusieron una cartografía de unidades geológico-geomorfológicas a escala 1:12 000 000, caracterizadas por una

\* Instituto de Ecología, A. C., Apdo. Postal 63, km. 2.5 Antigua Carretera a Coatepec, 91000, Xalapa, Veracruz, México. E-mail: geissert@dns.ecologia.edu.mx



arquitectura más o menos homogénea y por procesos exógenos regidos por el clima, que modelan el relieve en extensiones considerables. Esta regionalización brinda información geomorfológica novedosa a nivel nacional, pero carece de detalle a nivel estatal.

En el estado de Veracruz, la geomorfología ha tenido poco impulso, por lo que la división del relieve de su territorio está todavía inmersa en la confusión generada por repetidos intentos de regionalización, en los cuales los autores utilizan términos y nomenclaturas según juzgan necesario. Por otra parte, el relieve se menciona de una forma general y descriptiva, a manera de complemento o de apoyo a trabajos enfocados hacia otros temas (Islas, 1990a; 1990b; Jiménez, 1979). Asimismo, se usan los términos fisiografía y orografía, que a pesar de formar parte de la geomorfología, sólo se ocupan de la descripción de las formas de relieve y de su sistematización de acuerdo con sus rasgos externos (forma, altura, inclinación, etc.), sin considerar su origen. Se cuenta con la Carta Estatal de Regionalización Fisiográfica a escala 1:1 000 000, (SPP-INEGI, 1988), que representa unidades de relieve jerarquizadas, desde las "provincias fisiográficas" (unidad de orden mayor) hasta los "sistemas de topoformas" (unidad de orden intermedio); sin embargo, dicha regionalización carece de información sobre la estructura geológica de las unidades y sobre los procesos geomórficos actuales y tampoco está integrada al sistema de regionalización geomorfológica más actualizado en México (Lugo y Córdova, 1992; 1996). Esto constituye un retraso de orden metodológico que dificulta la relación con otros sistemas taxonómicos actualizados, como los empleados en la cartografía de suelos o de vegetación, y obstaculiza la comprensión de las correspondencias entre unidades territoriales de naturaleza distinta, tan útil para el entendimiento global de la problemática ambiental.

Con el fin de contribuir a enriquecer la cartografía geomorfológica del país y actualizar los conocimientos sobre el relieve de una parte de la vertiente del Golfo de México, se presenta la regionalización geomorfológica del estado de Veracruz, a escala 1:1 000 000. Se hace énfasis en la tipología de las unidades de relieve, su

zonificación y su relación con entidades territoriales taxonómicamente superiores, y se caracterizan morfológicamente y morfogénicamente, proporcionando información sobre los procesos exógenos dominantes.

## METODOLOGÍA

La regionalización geomorfológica del estado de Veracruz se realizó en dos etapas:

- I. La identificación de las provincias y subprovincias geomorfológicas con base en el sistema de clasificación de Lugo y Córdova (1990b; 1992), pero a escala 1:1 000 000. Su delimitación se apoyó en parte en la Carta Estatal de Regionalización Fisiográfica.
- II. La clasificación y zonificación de las unidades geomorfológicas que conforman las provincias y subprovincias antes mencionadas. Cada unidad se define por:
  - a) La forma del relieve, la altura relativa, la estructura geológica, el tipo genético y la edad de las rocas, tomando como base la nomenclatura del mapa de las "Formas de relieves para la República Mexicana", de Lugo y Córdova (1990a).
  - b) Los procesos exógenos dominantes. Para la caracterización de los procesos exógenos, se usaron y adaptaron las denominaciones empleadas por Lugo (1990) y Espinasa (1990). El término de erosión fluvial se usa para designar todos los procesos fluviales que destruyen las rocas y que, junto con los movimientos gravitacionales, conducen a la formación de valles y al rebajamiento de la superficie de la tierra. Se asocia en algunas unidades con la carsificación, o sea, el conjunto de fenómenos relacionados con la actividad del agua (superficial y subterránea) que se expresan en la formación de cavidades, a causa de la disolución de las rocas calcáreas.

La modalidad de acción de estos procesos depende directamente de las condiciones climáticas, razón por la cual se distinguirá la erosión fluvial de zona húmeda (correspondiendo a los tipos fm, m, mw de Köppen) y de zona subhúmeda (tipos w<sub>0</sub>, w<sub>1</sub>, w<sub>2</sub>, BS<sub>1</sub>), de acuerdo con la Carta Estatal de Climas (SPP-INEGI, 1988).

El término acumulación se refiere a los procesos responsables de la depositación de sedimentos, tanto en clima subhúmedo como húmedo.

Dicha clasificación y zonificación se llevó a cabo mediante el análisis de las 11 cartas topográficas y geológicas, escala 1:250 000, que cubren el estado (SPP-INEGI, 1982-1984) y con el apoyo de las cartas estatales topográfica y de regionalización fisiográfica, escala 1:1 000 000 (SPP-INEGI, 1988).

El mapa fue elaborado manualmente y luego digitizado con el programa ILWIS (ITC, 1992), y posteriormente integrado al sistema de información geográfica BIOCLIMAS de tipo "raster" (Soto *et al.*, 1996), junto con otros planos temáticos para su uso en diferentes aplicaciones.

## RESULTADOS

### I. Identificación de las provincias y subprovincias geomorfológicas. Integración con el sistema de regionalización geomorfológica para México

El mapa de regionalización geomorfológica de la República Mexicana cuenta con 40 provincias, 26 para el océano y 14 para tierra firme (Lugo y Córdova, 1992). Las terrestres se dividen en 47 subprovincias caracterizadas por su morfología, estructura geológica y algunos elementos morfométricos.

En el estado de Veracruz se identificaron seis provincias geomorfológicas de tierra firme con nueve subprovincias (Figura 1).

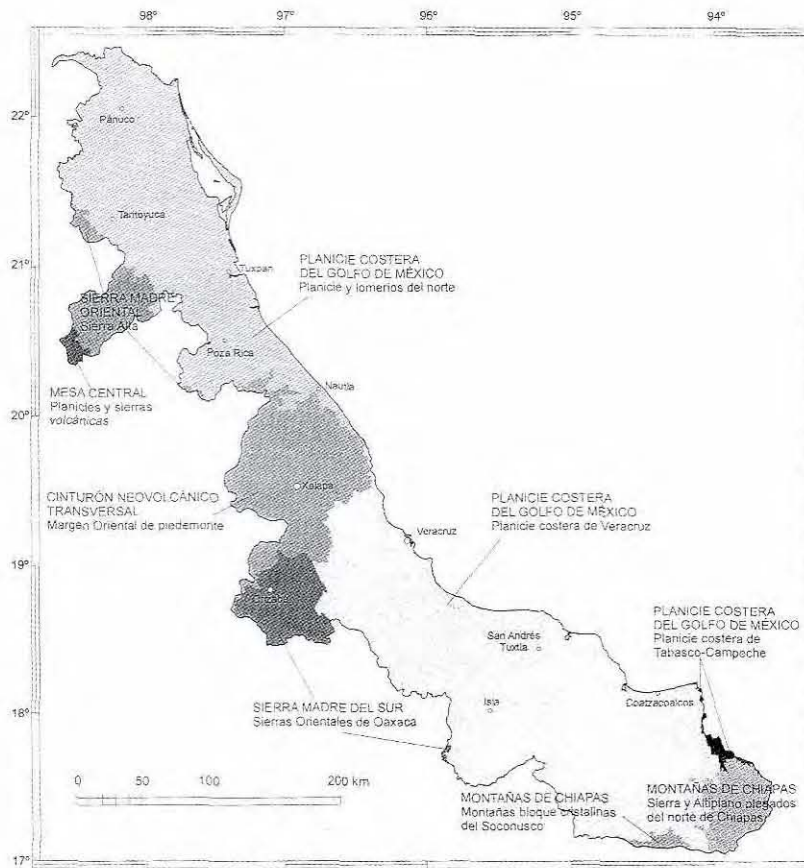


Figura 1. Provincias y subprovincias geomorfológicas del estado de Veracruz.



## A. Las provincias

Son unidades definidas por los factores del medio natural que ejercen una acción determinante sobre su fisonomía. Pertenecen a una de las grandes divisiones de la geología estructural y su tamaño varía entre cientos y miles de kilómetros cuadrados.

Las seis provincias que cubren el estado de Veracruz son: la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre del Sur, las Montañas de Chiapas, la Mesa Central, el Cinturón Neovolcánico Transversal y la Planicie costera del Golfo de México. Esta última ocupa las tres cuartas partes del territorio y se divide en tres subprovincias, de acuerdo con su ubicación geográfica (Cuadro 1).

## B. Las subprovincias

Son subdivisiones de las provincias de acuerdo con la morfología, la estructura geológica y la situación geográfica (toponimia).

1. La subprovincia "Sierra Alta", mínima presencia de la Sierra Madre Oriental, abarca el macizo de Huayacocotla y parte de la Huasteca Veracruzana. Se sitúa en el sector noroccidental del estado y representa, con 2 584 km<sup>2</sup>, sólo 3.6% de todo Veracruz. Dicha subprovincia se manifiesta en esta zona por un relieve montañoso plegado, con altitud desde los 300 hasta los 2 500 m, constituido por rocas sedimentarias marinas del Jurásico y del Cretácico, con un intrincado sistema de plegamiento.
2. La subprovincia "Sierras Orientales de Oaxaca" corresponde al diminuto extremo nororiental de la Sierra Madre del Sur. Cubre con 3 216 km<sup>2</sup>, 4.5% de la superficie del estado. Se manifiesta por una estrecha y compleja cadena montañosa de orientación norte-sur y con altitudes superiores a los 2 500 m, que corresponde al norte de la Sierra de Zongolica.
3. La subprovincia "Sierras y altiplano plegados del norte de Chiapas", que pertenece a la provincia de las Montañas de Chiapas, comprende sierras plegadas y alargadas, formadas por rocas sedimentarias e ígneas, mesozoicas y cenozoicas. El sector occidental, que se extiende sobre el territorio veracruzano, está drenado hacia el noroeste, por los tributarios de los ríos Tonalá y Uxpanapa. En esta zona, la sierra se atenúa considerablemente en altitud y en complejidad topográfica, y en total cubre 3.2% del estado.
4. La subprovincia "Montañas bloque cristalinas del Soconusco" es una cadena que bordea la planicie costera del Pacífico en el estado de Chiapas. Comprende mesetas y cuevas (de 200 a 1 000 m de altitud) y la sierra alta (de 1 000 a 2 000 m de altitud). Es la subprovincia más compleja de las Montañas de Chiapas y está conformada por rocas metamórficas y plutónicas, atravesadas de noroeste a sureste por ríos rectos, que forman profundos cañones disecando la subprovincia en bloques. Su extremo noroccidental constituye el límite sur del estado de Veracruz, del cual abarca una mínima extensión (0.5%).
5. El estado de Veracruz comprende en su colindancia con el estado de Hidalgo, una diminuta porción de la subprovincia "Planicies y Sierras volcánicas", caracterizada por cumbres que se elevan a 2 700 m de altitud. Dicha subprovincia cubre sólo 0.4% de la superficie del estado y forma parte de la Mesa Central, provincia del altiplano, que limita al norte y al este con la Sierra Madre Oriental, al sur con el Cinturón Neovolcánico Transversal y al oeste con la Sierra Madre Occidental.
6. La subprovincia "Margen Oriental de piedemonte" atraviesa la parte central del estado de Veracruz y alcanza la costa del Golfo de México. Forma parte del Cinturón Neovolcánico Transversal, que recorre el país de este a oeste, en una franja comprendida entre los 19° 00' y los 21° 00' de latitud norte. Dicha subprovincia cubre 12.4% del territorio veracruzano. Comprende, de acuerdo con Negendank *et al.* (1985), varias regiones:
  - a) la sierra Cofre de Perote-Pico de Orizaba, delimitada en sus extremos norte y sur por dos de los más altos estratovolcanes del Pleistoceno en México;



Cuadro 1. Superficie cubierta por las provincias y subprovincias geomorfológicas del estado de Veracruz

Provincias	Subprovincias	km <sup>2</sup>		%	
Planicie costera del Golfo de México	Planicie costera de Veracruz	53 768	33 387	75.3	46.8
	Planicie y lomeríos del norte		20 125		28.2
	Planicie costera de Tabasco-Campeche		256		0.3
Sierra Madre Oriental	Sierra Alta		2 584		3.6
Mesa Central	Planicies y sierras volcánicas		263		0.4
Cinturón Neovolcánico Transversal	Margen oriental de piedemonte		8 870		12.4
Sierra Madre del Sur	Sierras Orientales de Oaxaca		3 216		4.5
Montañas de Chiapas	Montañas bloque cristalinas del Soconusco	2 636	327	3.7	0.5
	Sierras y altiplanos plegados del norte de Chiapas		2 309		3.2

- b) el altiplano, al oeste de la sierra, correspondiendo a la cuenca endorreica de Oriental, misma que comprende centros eruptivos y lavas del Pleistoceno al Holoceno. Ambas regiones cubren las montañas plegadas de la Sierra Madre Oriental;
- c) la zona al este de la sierra Cofre-Pico, formada por mesetas con barrancos,

- constituidas por lavas e ignimbritas del Pleistoceno; y
- d) la sierra de Chiconquiaco, complejo de caldera del Pleistoceno, que se termina cerca del Golfo de México, con el macizo de Palma Sola, estructura volcánica compleja del Mioceno al reciente.



7. La subprovincia "Planicies y lomeríos del norte", situada en la porción norte de la provincia "Planicie costera del Golfo de México", se extiende desde el límite estatal con Tamaulipas, hasta Nautla al sur, y abarca una extensión equivalente a 28.2% del territorio veracruzano. El rango altitudinal va desde el nivel del mar, en la zona de planicies bajas, hasta los 350 m en la de lomeríos y, local y excepcionalmente, alcanza los 1 300 m en las sierras aisladas como la de Tantima. Es recorrida por el curso bajo de los ríos Pánuco, Tuxpan, Cazonos, Tecolutla y Nautla, que drenan hacia el Golfo de México. Constituye la región del Totonacapan y gran parte de la Huasteca Veracruzana. Limita al oeste con la Sierra Madre Oriental y al sur con el Cinturón Neovolcánico Transversal, los cuales constituyen importantes barreras orográficas.
8. La subprovincia "Planicie costera de Veracruz", al sur de la provincia "Planicie costera del Golfo de México", comprende tres zonas: a) la Llanura de Sotavento que abarca de Veracruz a Acayucan; b) la de Los Tuxtlas; y c) la del Istmo. Su superficie total equivale a 46.8% del estado. Se caracteriza por planicies bajas, lomeríos y sierras aisladas. Dichas geoformas abarcan un rango altitudinal que va desde el nivel del mar hasta los 350 m, e incluso los 1 700 m en la sierra de los Tuxtlas. La zona es recorrida por el curso bajo de varios ríos, entre los que figuran el Papaloapan, el Grijalva, el Usumacinta y el Tonalá. La planicie colinda al noroeste con el Cinturón Neovolcánico Transversal y la Sierra Madre del Sur, y al sur con las Montañas de Chiapas.
9. La subprovincia "Planicie costera de Tabasco-Campeche", al sureste de la provincia "Planicie costera del Golfo de México", coincide con la margen izquierda del río Tonalá, el cual forma el límite estatal entre Veracruz y Tabasco. Morfológicamente, constituye el límite occidental del delta del sistema hidrológico Mezcalapa (Tabasco), en su contacto con los lomeríos de la planicie costera de Veracruz (West *et al.*, 1969). Su extensión corresponde sólo a 0.3% del

territorio y está limitada al sur por las "Sierras y altiplano plegados del norte de Chiapas".

## II. Clasificación y zonificación de las unidades geomorfológicas del estado de Veracruz

El mapa de regionalización geomorfológica del estado de Veracruz comprende 37 unidades, que corresponden a relieves de montaña, lomerío, mesa, valle, planicie baja y margen montañosa, que se describen a continuación, situándolas dentro de las provincias y subprovincias. Dicho mapa, que se presenta en tamaño reducido en el Anexo I, fue dividido en cuatro secciones ampliadas a una escala muy cercana a la millonésima para facilitar su consulta (Figuras 2 a 5). La lista completa de las unidades geomorfológicas se presenta en el Anexo II, y la superficie que comprende cada una de ellas se presenta en el Cuadro 2.

### A. Las montañas

Se localizan en las provincias Sierra Madre Oriental, Sierra Madre del Sur, Montañas de Chiapas y Cinturón Neovolcánico Transversal, con sus respectivas subprovincias. De acuerdo con su inclinación, se dividen en montañas de laderas abruptas y de laderas tendidas. Esta categoría abarca una extensión aproximada de 12 400 km<sup>2</sup>, equivalente a 17.5% de la superficie del estado.

#### 1. Montañas de laderas abruptas

Son relieves con laderas de fuerte inclinación, de alturas relativas superiores a los 600 m y caracterizadas por un modelado de disección en barrancas, del Plioceno-Cuaternario. Abarcan un rango altitudinal comprendido entre 1 000 y 5 600 m. Su origen estructural es de tres tipos: por plegamiento de rocas sedimentarias, por fracturación en bloque de rocas intrusivas y por edificación de rocas extrusivas.

##### 1.1 Montañas plegadas constituidas por rocas sedimentarias mesozoicas

Se desarrollan principalmente sobre calizas o caliza-lutitas del Jurásico y Cretácico, o en ocasiones, sobre lutitas y areniscas del Jurásico, y areniscas del Triásico.



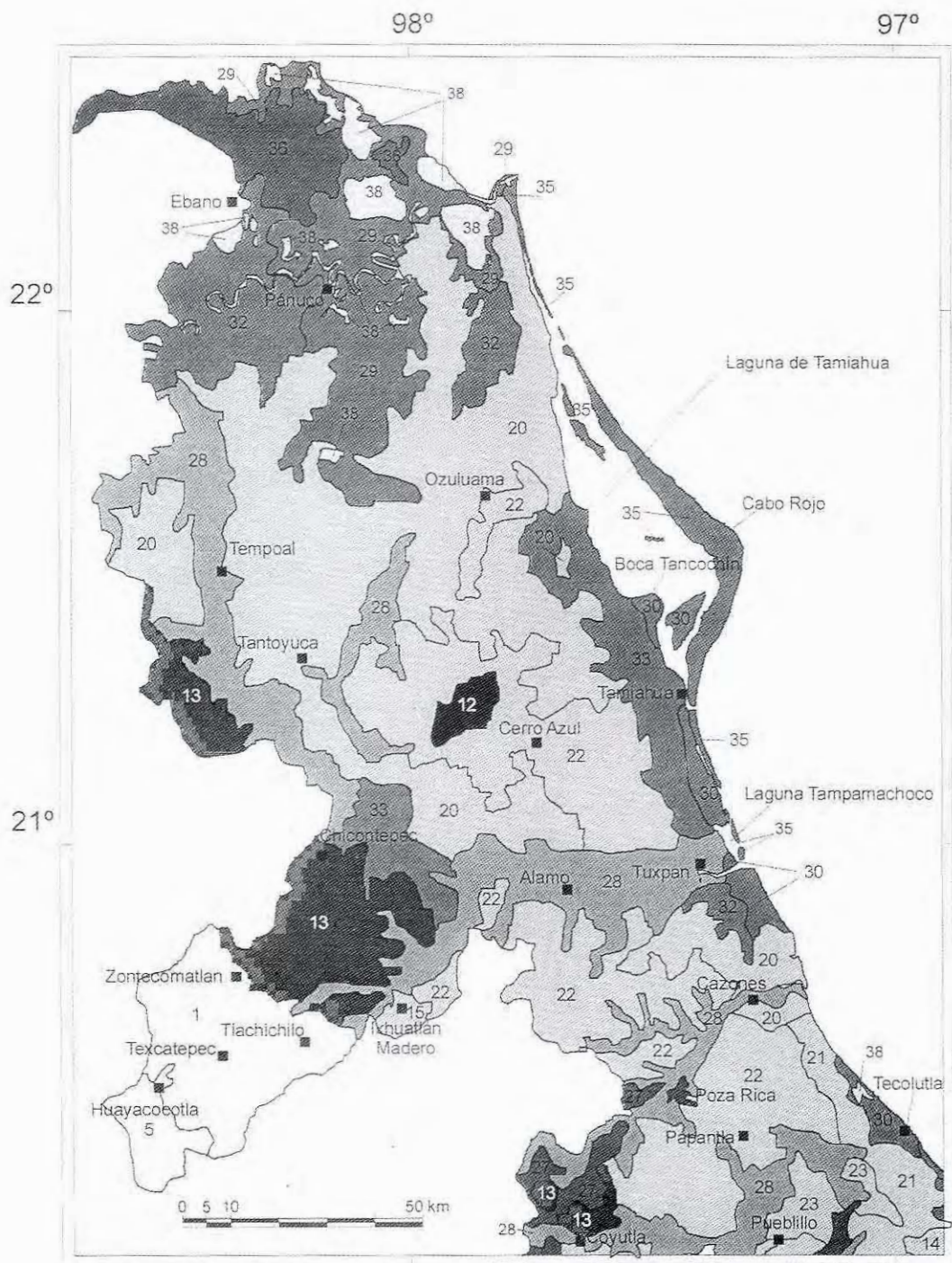


Figura 2. Unidades geomorfológicas del sector norte del estado de Veracruz.



En condiciones de clima subhúmedo, se ejerce una erosión fluvial en barrancos, con corrientes permanentes e intermitentes, asociada con dolinas y cavidades vadosas verticales y freáticas horizontales, producto de la carsificación (Unidad 1). Esta unidad se localiza en la Sierra Madre Oriental, en el área de Zontecomatlán (Figura 2), presenta anticlinales y sinclinales de orientación noroeste-sureste y alcanza los 1 800 m de altitud. Los pliegues del Terciario inferior son de gran magnitud, de tipo simétrico, recumbente, isoclinal y en chevrón. La disección por corrientes fluviales subparalelas es profunda y el escurrimiento perpendicular a la orientación general del macizo, como resultado del control estructural por fallas normales y fracturas. En la Sierra Madre del Sur, la misma unidad constituye el sector norte de la Sierra de Zongolica (al oeste y suroeste de Orizaba), en donde destaca el Cerro Petracala con 2 750 m de altitud (Figura 3).

En condiciones de clima húmedo, predomina la carsificación, que se manifiesta en la abundancia de dolinas de disolución, aristas afiladas y cavidades vadosas verticales, asociadas con formas de erosión fluvial localizada (Unidad 2). Dicha unidad se encuentra al suroeste de Coyutla y Coxquihui, y pertenece a la Sierra Madre Oriental (Figura 3). Los cerros culminan alrededor de los 1 500 m de altitud. En la Sierra Madre del Sur, la misma unidad corresponde a las sierras de Tlacuilotepec y Zongolica al sur de Orizaba-Córdoba, con dirección noroeste-sureste y alcanzando unos 2 000 m de altitud. Dicho relieve está disecado por varias corrientes antecedentes y su morfología es modificada por procesos cársicos que han labrado dolinas, sumideros y puentes naturales. Las estructuras plegadas son alargadas, de dirección sureste-noroeste, separadas por valles angostos y, en parte, dislocadas por fallas normales e inversas. En la sierra plegada del norte de Chiapas, montañas con cantiles y profundos cañones, que corresponden a la sierra Espinazo del Diablo y Cerro El Chanuscal, al noroeste de la presa Netzahualcoyótl, están formadas por calizas del Cretácico inferior y superior, y presentan un desarrollo cársico con dolinas, uvalas, sumideros, grutas, pérdidas y resurgencias importantes (Figura 5). El relieve se compone de crestas anticlinales y de valles sinclinales, a los cuales

se agregan algunos bloques delimitados por fallas transcurrentes siniestrales que definen valles tectónicos, como los que dan acceso a la presa Netzahualcoyótl por el lado noroeste y suroeste, y el que aloja la propia presa. Las escasas corrientes superficiales, de desarrollo subparalelo y rectangular, muestran un evidente control estructural.

Dentro de estas condiciones de clima húmedo, en la Sierra Madre del Sur se erige una pequeña sierra al norte de Córdoba, que alcanza entre 1 700 y 1 800 m de altitud (Figura 3). Tiene como característica distintiva que, además de tener laderas abruptas sobre rocas plegadas del Cretácico superior, presenta estructura de cabalgadura (Unidad 3). En ella se ejercen procesos de carsificación superficial y subterránea de clima cálido, que da lugar a estructuras cónicas, dómicas o mogotiformes, con cavidades vadosas verticales y freáticas horizontales. Localmente, la erosión fluvial excava barrancos.

### *1.2 Montañas formadas por fracturación en bloque de rocas intrusivas, esencialmente paleozoicas*

En los límites de Veracruz y Chiapas se ubica el extremo norte de un relieve montañoso de bloque, formado por granito del Precámbrico y perteneciendo a las Montañas bloque del Soconusco (Unidad 4; Figura 5). Se trata de la sierra Tres Picos, de pendientes abruptas, con fracturamiento en bloques e intemperismo profundo, que alcanza en Veracruz una altitud de 1 400 m. Dicho macizo se encuentra dislocado por un sistema de fracturas ortogonales de dirección suroeste-noreste y noroeste-sureste. Sobre las laderas se ejerce una erosión fluvial de zonas húmedas, con descenso de divisoras.

### *1.3 Montañas formadas por rocas extrusivas del Terciario*

En el Cinturón Neovolcánico Transversal se localizan montañas abruptas, formadas por acumulaciones de andesita, basalto y flujos piroclásticos del Oligoceno-Neógeno (Terciario). Sus laderas, situadas en la zona occidental (sotavento) del volcán Cofre de Perote, entre 2 400 y 4 000 m de altitud, fueron modeladas por procesos de erosión fluvial de zona subhúmeda







con unos 700 m de altitud, y la sierra entre Misantla y Chiconquiaco, donde destacan varias elevaciones de 2 000 m de altitud. En la Planicie costera de Veracruz y perteneciendo a la Sierra de Los Tuxtlas, la unidad 6 comprende las laderas del volcán Santa Marta (1 700 m de altitud), expuestas hacia el mar, así como las del San Martín Pajapan (1 250 m de altitud), al sureste del anterior.

## *2. Montañas de laderas tendidas y elevaciones menores*

Son relieves con laderas de menor inclinación que las abruptas, de altura relativa inferior a 600 m y caracterizados por un modelado de disección del Plioceno-Cuaternario. Su altitud oscila entre 500 y 2 000 m. Están constituidos por rocas sedimentarias plegadas mesozoicas, por volcánicas y por sedimentarias de estructura monoclinas.

### *2.1 Montañas plegadas, constituidas por rocas sedimentarias mesozoicas*

Están formadas por calizas y lutitas del Jurásico superior, y calizas del Cretácico, modeladas en condiciones de clima subhúmedo, por procesos de erosión fluvial y carsificación (Unidad 8), o de clima húmedo, por erosión fluvial (Unidad 9) y carsificación superficial y subterránea (Unidad 10). Estas tres unidades geomorfológicas se localizan en el Cinturón Neovolcánico Transversal: al oeste y al suroeste de Tlapacoyan con elevaciones hasta los 2 000 msnm; al sureste de Tlapacoyan con altitudes entre 1 000 y 2 000 m; y al sur de Perote, en donde destaca el cerro El Palmar con 2 850 m de altitud (Figura 3). Corresponden a ventanas erosionales o prominencias de la Sierra Madre Oriental que, en esta región, no fueron sepultadas por las formaciones volcánicas más recientes.

### *2.2 Montañas formadas por rocas volcánicas esencialmente del Terciario*

Son relieves constituidos por acumulaciones de lava andesítica y basáltica, y de flujos piroclásticos, modelados por erosión fluvial de clima húmedo (Unidad 11). Dicha unidad, localizada en el Cinturón Neovolcánico al nornoroeste de Xalapa, está formada por laderas disecadas por barrancas, que se extienden entre los 1 500 y

los 2 500 m de altitud (Figura 3).

Otra montaña, formada por derrames de basalto de la misma edad y modelada por erosión fluvial de clima subhúmedo, se localiza en la Planicie y lomeríos del norte (Unidad 12). Es la pequeña Sierra de Tantima, ubicada al noroeste de la población de Cerro Azul (Figura 2). Su relieve invertido se yergue hasta unos 1 300 m y resulta de la disección de una antigua meseta basáltica. Presenta escarpes verticales, en ocasiones de cientos de metros de desnivel. La red hidrográfica conforma un patrón de escurrimiento radial.

### *2.3 Montañas de estructura monoclinas formadas por rocas sedimentarias meso-cenozoicas*

Las montañas de laderas tendidas formadas por rocas sedimentarias meso-cenozoicas, en estructura monoclinas y modeladas por procesos de erosión fluvial de zona húmeda (Unidad 13), tienen una distribución ubicua. En el Cinturón Neovolcánico, entre Tlapacoyan y Martínez de la Torre, se localiza una pequeña sierra, formada por lutitas y areniscas del Paleoceno, que culmina a 650 m de altitud (Figura 3); en la Sierra Madre Oriental, entre Chicontepec y Zontecomatlán, diversas laderas de montaña y lomeríos escarpados, sobre lutitas y areniscas del Paleoceno, alcanzan altitudes de 200 a 700 m (Figura 2). En la Sierra del Norte de Chiapas, se eleva una sierra baja compleja, formada por lutitas y areniscas del Terciario inferior, que localmente culmina a los 1 000 msnm (Figura 5).

## **B. Los lomeríos**

Su distribución es amplia en todas las subprovincias geomorfológicas, salvo en las Montañas bloque cristalinas del Soconusco. Se dividen en dos grandes categorías de acuerdo con su origen exógeno o endógeno: los de relieve modelado por la disección fluvial y los formados por procesos acumulativos endógenos.

### *1. Lomeríos formados por procesos de disección fluvial del Cuaternario*

Son formas de relieve caracterizadas por una altura relativa inferior a 300 m y una topografía de ondulada a escarpada. Esta categoría es la más representada en el estado, y cubre 48% de su superficie, con 34 000 km<sup>2</sup>.



### *1.1 Lomeríos sobre rocas volcánicas paleogénicas a cuaternarias*

Este relieve se presenta en clima subhúmedo, modelado por procesos erosivos (Unidad 14), se extiende al noroeste de Orizaba y forma parte del Cinturón Neovolcánico Transversal (Figura 3).

Son ondulaciones suaves del terreno asociadas con llanos, que cubren la ladera sur del Pico de Orizaba, entre los 2 500 y los 3 000 m de altitud. Se desarrollan sobre toba ácida e intermedia del Terciario superior y del Cuaternario.

En zona húmeda, se distribuyen ampliamente en todo el estado, asociados con llanos y modelados por corrientes fluviales (Unidad 15). En la Planicie y lomeríos del norte, al noroeste de Martínez de la Torre, se elevan hasta 400 m, redondeados sobre toba y cenizas del Terciario superior (Figura 3); en la Planicie costera de Veracruz se ubican en la vertiente noroeste del volcán San Martín, entre el nivel del mar y los 500 m de altitud (Figura 4); en el Cinturón Neovolcánico Transversal, al sur de Tlapacoyan y cubriendo una ladera volcánica al norte de Palma Sola, son bajos con pendientes suaves, desarrollados sobre toba ácida del Terciario superior y cuyas cimas oscilan entre 100 y 300 m de altitud; y finalmente, en la Sierra Madre del Sur, en el área de Coscomatepec-Tomatlán, forman terrazas altas, onduladas e inclinadas, y se edifican sobre materiales volcanoclásticos, entre los 1 200 y los 1 600 m de altitud (Figura 3).

Cuando los procesos de erosión fluvial se intensifican, la disección es más profunda y este tipo de relieve se asocia con cañadas (Unidad 16), como en la Planicie costera de Veracruz, en la ladera sur de los volcanes San Martín y Santa Marta, conformando lomeríos abruptos sobre piroclastos y lavas (Figura 4). En el Cinturón Neovolcánico, en la zona situada al noreste, este y sureste de la ciudad de Xalapa (Figura 3), se hallan redondeados y aplanados, recorridos por profundas barrancas que disecan una cubierta de tobas sobre un basamento de lava o ignimbrita cenozoicas.

### *1.2 Lomeríos sobre rocas sedimentarias mesozoicas, en estructura monoclinas o plegada*

En la zona situada en el extremo sur de la

Planicie costera de Veracruz, adyacente a la periferia nororiental de la Sierra Tres Picos, se ubica un lomerío suave con llanos, de menos de 100 m de altitud, que se desarrolla sobre calizas plegadas y fracturadas del Cretácico inferior (Unidad 17, Figura 5). Ahí predomina el desarrollo cársico superficial y subterráneo de zona húmeda, con erosión fluvial localizada. Los tributarios de los ríos son escasos y un sistema de fracturación ortogonal norte-sur y este-oeste ejerce un control parcial sobre la red de drenaje a proximidad de la sierra.

Otro lomerío de la misma zona, pero éste escarpado, bordea el sector noroccidental de la Sierra Tres Picos (Unidad 18). Su altitud variable (100 a 500 m) deriva de una fuerte acción fluvio-erosiva de clima húmedo, que excava profundas cañadas en las lutitas y en las areniscas del Triásico-Jurásico. Esta unidad está recorrida por fracturas dispersas que ejercen un control estructural reducido sobre los escurrimientos. Por último, en la misma zona, otro paisaje de lomerío de disección variable y cerros bajos redondeados, sobre caliza del Cretácico inferior con topografía cársica (Unidad 19), bordea la vertiente norte de la misma sierra, alcanzando una altitud de 200 a 500 m. El sector nororiental de la unidad (Sierra La Numeración) presenta un patrón de fallamiento denso, de dirección dominante suroeste-noreste, que controla la disposición de algunas crestas y valles.

En la Planicie y lomeríos del norte (área de Coyutla), un lomerío de piedemonte de la sierra de Cuetzalan con rasgos menores de disolución cársica, se desarrolla sobre calizas y lutitas del Cretácico superior (Unidad 19, Figura 3). Su altitud variable (100 a 500 m) y las pendientes moderadas a fuertes atestiguan una fuerte disección en forma de barrancas. La unidad presenta fracturas y fallas normales de dirección noroeste-sureste, que controlan parcialmente la red hidrográfica.

### *1.3 Lomeríos sobre rocas sedimentarias cenozoicas en estructura monoclinas*

**Lomeríos suaves asociados con llanos:** modelados por la erosión fluvial de clima subhúmedo (Unidad 20), se encuentran sobre todo en la planicie costera y en menor proporción en la Sierra Norte de Chiapas. En la planicie y







**Lomeríos suaves asociados con llanos:** modelados por la erosión fluvial de clima húmedo (Unidad 21), se distribuyen en varias subprovincias geomorfológicas. En la Planicie y lomeríos del norte, al noroeste y sur de Tecolutla (Figura 2), hay uno de altitud inferior a los 200 m, que se desarrolla sobre areniscas del Mioceno y lutitas-areniscas del Oligoceno, con estratificación monoclinial inclinada hacia el este. En la Planicie costera de Veracruz, en el área de Villa Azueta, se extiende un paisaje de lomerío suave a localmente ondulado, con 100 a 150 m de altitud, desarrollado sobre areniscas y conglomerados del Mioceno, localmente fracturados (Figura 4). Al noreste y sureste de Playa Vicente, otro lomerío bajo, sobre lutitas y areniscas del Paleoceno y Mioceno, culmina alrededor de 100 m. Entre Nanchital y Las Choapas, y al oeste de Minatitlán, existe otro de altitud inferior a 100 m, ocasionalmente ondulado y con lomas aisladas que culminan a 300 m de altitud, también formado por areniscas y lutitas de la misma edad, ligeramente fracturadas (Figura 5). En el sector septentrional de la Sierra Norte de Chiapas, a lo largo de la margen izquierda del río Tancochapa, se extiende otro más de altitud inferior a 150 m, formado por areniscas del Mioceno en estructura monoclinial y con buzamiento hacia el noreste.

**Lomeríos asociados con cañadas:** de clima subhúmedo y húmedo (Unidades 22 y 23), se distribuyen ampliamente en toda la entidad, caracterizados por un mayor grado de disección fluvial que los anteriores.

Los de zona subhúmeda (Unidad 22) se localizan en:

- a) La Planicie y lomeríos del norte:
  - de altitud inferior a 250 m sobre lutita-arenisca del Oligoceno y arenisca del Mioceno, al norte y sur de Poza Rica;
  - de altitud inferior a 400 m sobre lutita-arenisca del Oligoceno en la zona de Cerro Azul, y de 350 m de altitud al noreste de Ixhuatlán, formado por lutitas y areniscas del Paleoceno (Figura 2).
- b) La Planicie costera de Veracruz: uno suave a localmente ondulado, de altitud inferior

a 150 m, conforma el piedemonte suroccidental de la sierra de Los Tuxtles, presentando una litología variable de areniscas, conglomerado y lutitas-areniscas del Mioceno (Figura 4).

Los de zona húmeda (Unidad 23) se extienden en:

- a) La Planicie y lomeríos del norte: a lo largo de la margen derecha del río Tecolutla (área de Pueblillo), se erige un relieve de altitud inferior a 400 m, recorrido por barrancas que disecan las areniscas del Mioceno y las lutitas-areniscas del Oligoceno (Figura 3).
- b) La Planicie costera de Veracruz: al suroeste y sureste de Jesús Carranza, uno suave a ondulado, de 100 a 150 m de altitud, está formado por estratos de areniscas y lutitas del Mioceno inclinados hacia el este. En el área de Emiliano Zapata se ubica otro escarpado, de 200 m de altitud, formado por lutitas y areniscas del Eoceno y del Oligoceno, y por conglomerado del Eoceno, parcialmente fracturados y fallados (Figura 5).
- c) El Cinturón Neovolcánico Transversal: al noroeste y sureste de Misantla, de 100 a 400 m de altitud, están ubicados sobre una ladera volcánica orientada hacia el este. Los conforman lutitas y areniscas del Paleoceno y del Eoceno (Figura 3).

#### 1.4 Lomeríos sobre rocas metamórficas mesozoicas

El único lugar del estado donde se encuentra este relieve poco disecado por la erosión fluvial de clima húmedo y con extensión suficiente a la escala considerada, es el extremo suroeste de la Planicie costera de Veracruz. Es suave, no rebasa los 300 m de altitud, y está formado por esquistos del Cretácico (Unidad 24; Figura 5). Se encuentra rodeado por lomeríos de lutita y areniscas del Mioceno.

#### 2. Lomeríos formados por procesos acumulativos endógenos del Cuaternario

Se trata de campos de conos volcánicos monogenéticos, sobre los cuales actúan procesos de erosión fluvial de zona subhúmeda o húmeda. Cubren un área aproximada de 960 km<sup>2</sup>, lo cual corresponde a 1.3% del territorio veracruzano.



Los de zona subhúmeda (Unidad 25) se localizan en el Cinturón Neovolcánico, en la ladera externa oriental de la caldera de Los Humeros, misma que forma el límite entre los estados de Veracruz y Puebla (Figura 3). Es un lomerío situado al oeste de Altotonga, entre 2 000 y 2 400 m de altitud, desarrollado sobre toba básica y brecha volcánica básica del Cuaternario, disecadas por barrancos. Por otra parte, los de zona húmeda (Unidad 26) se localizan en la sierra de Los Tuxtles, en la ladera noreste del volcán San Martín y noroeste del volcán Santa Marta, entre 100 y 1 200 m de altitud (Figura 4). Son topografías disecadas, donde abundan conos y derrames basálticos, testigos de una actividad volcánica muy reciente.

### C. Las mesas

Esta categoría incluye relieves planos, horizontales o inclinados, limitados en sus extremos por bordes generalmente abruptos. Aquí, se consideran únicamente las mesas de dimensión regional, mismas que, en el estado de Veracruz, están formadas por acumulaciones volcánicas de lava basáltica del Oligoceno al Cuaternario y disecadas por procesos fluvio-erosivos de clima húmedo (Unidad 27). Dichas formaciones aparecen en la Planicie y lomeríos del norte, en su contacto con el Cinturón Neovolcánico. Al oeste y suroeste de Poza Rica, en la margen izquierda del río Cazonos, se localiza una pequeña meseta alargada, de basalto del Terciario superior, que alcanza una altitud de 200 m (Figura 2). Al noroeste de Martínez de la Torre, se extienden varias, estrechas e inclinadas, constituidas por derrames de basalto del Terciario superior (Figura 3); se denominan Mesa Grande y Mesa Malpica y abarcan un gradiente altitudinal de 100 a 400 m. La unidad en su conjunto representa 0.4% de la superficie del estado, con 310 km<sup>2</sup> aproximadamente.

### D. Los valles

Esta categoría corresponde a los grandes valles fluviales, formados por los principales ríos en su recorrido por las sierras y la planicie costera, antes de convertirse en llanura. Son formas negativas de relieve, equivalentes a una depresión estrecha y alargada, formada esencialmente por procesos erosivos. Comprenden

un lecho, dentro del cual se localizan el cauce y la llanura de inundación, así como laderas laterales tendidas o abruptas. Dichas unidades geomorfológicas se caracterizan por la acumulación fluvial reciente en los lechos aluviales y por la erosión de las laderas, tanto en condiciones húmedas como en subhúmedas (Unidad 28). En conjunto cubren 6.6% de la superficie del estado, con aproximadamente 4 680 km<sup>2</sup>.

En la Sierra Madre Oriental se localiza el valle superior del río Vinazco, de laderas tendidas y fondo aluvial estrecho, de 1 o 2 km (Figura 2). Se prolonga sobre la subprovincia Planicie y lomeríos del norte por los valles del río Tuxpan y su afluente el río Pantepec, relativamente estrechos en su recorrido superior (2 km) y más anchos a partir de la población de Álamo (6 a 8 km). Alrededor de Poza Rica, el valle del río Cazonos, de 2 a 4 km de ancho y relleno por depósitos aluviales del Cuaternario y recientes, atraviesa lomeríos de pendiente variable (Figura 2).

En la Sierra Madre del Sur, entre Acultzingo y Cuitláhuac, el valle del río Blanco se abre paso entre las calizas de la parte norte de la sierra Zongolica (Figura 3). Es un valle de laderas abruptas, de fondo estrecho en la parte superior (2 km) y más ancho aguas abajo (unos 15 km). En la Planicie costera de Veracruz se encuentra el valle fluvial de laderas tendidas del río Papaloapan, procedente de las sierras orientales de Oaxaca. En su recorrido entre Tuxtepec, Oax. y Chacaltianguis, Ver., el fondo del valle se ensancha de 8 a aproximadamente 15 km y la acumulación fluvial se incrementa al disminuir la pendiente. El curso del río inicia un patrón meándrico y forma terrazas aluviales con brazos abandonados (Figura 4).

### E. Las planicies bajas

Esta categoría comprende las planicies bajas marginales a los sistemas montañosos y las planicies bajas estructurales de plataforma. Las primeras pertenecen a las subprovincias Planicie y lomeríos del norte y Planicie costera de Veracruz, mientras que las segundas se localizan sólo en la Planicie y lomeríos del norte. Ambos tipos cubren con 17 760 km<sup>2</sup> un 25.3% de la superficie del estado.



1. Planicies bajas marginales a los sistemas montañosos, formadas durante el Cuaternario

1.1. Planicies de acumulación fluvio-lacustre (Unidad 29)

Se localizan en toda la planicie costera del Golfo de México. En la subprovincia Planicie y lomeríos del norte, la llanura baja del río Pánuco y afluentes, situada alrededor de la población del mismo nombre, comprende numerosos meandros, brazos abandonados, terrazas y lagunas (Figura 2). Dicha llanura adquiere un carácter inundable lacustre hacia el norte, favorecido por los aluviones de textura arenosa fina a arcillosa, derivados de las lutitas.

En la subprovincia Planicie costera de Veracruz,

la zona pantanosa del curso bajo del río Papaloapan y del río Camarón-Limón se termina en la laguna de Alvarado (Figura 4). Entre la población de Carlos A. Carrillo y la desembocadura, el carácter fluvio-lacustre de la planicie se manifiesta por las formas fluviales asociadas con el cauce permanente (meandros activos, meandros abandonados, brazos muertos, terrazas,...), así como por numerosas lagunas permanentes separadas por islas de tierra firme. La planicie inundable del sistema fluvial Coatzacoalcos-Uxpanapa, desde la población de Hidalgotitlán hasta la desembocadura en el Golfo de México, es de características similares, así como la planicie de la margen izquierda del curso bajo del río Tonalá, en el área de Las Choapas (Figura 5).

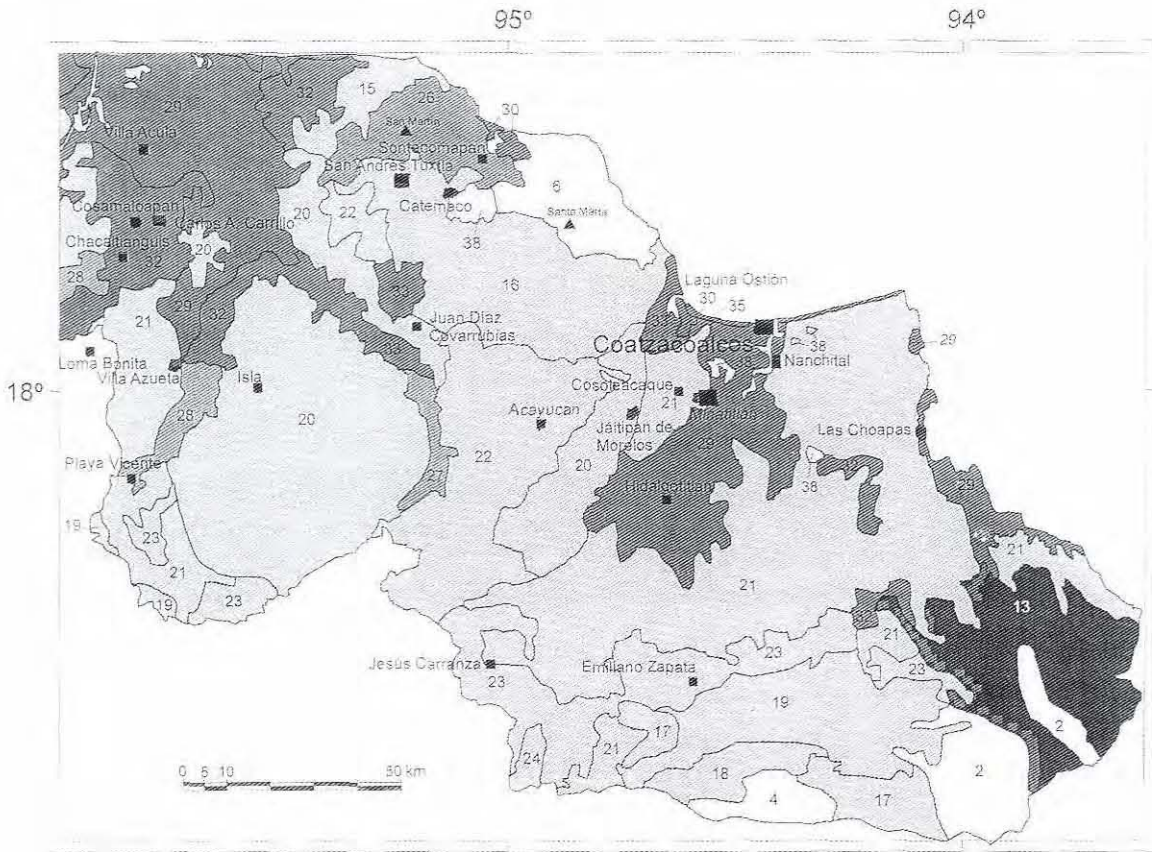


Figura 5. Unidades geomorfológicas del sector sur del estado de Veracruz.



### *1.2. Planicies de acumulación fluvio-marina (Unidad 30)*

Son particularmente notorias en la franja costera de la subprovincia Planicie y lomeríos del norte y se asocian generalmente con la desembocadura de algún río. Tal es el caso de la Boca Tancochín al norte de Tamiahua, asociada con el río San Francisco; de la planicie del Estero de Milpas entre Tamiahua y la laguna Tampamachoco, al norte de Tuxpan; de la planicie situada al sur de la desembocadura del río Tuxpan; de la planicie del Estero Lagartos al noroeste de Tecolutla (Figura 2) y de la planicie del Estero Tres Bocas, al noroeste de Nautla (Figura 3). Cada planicie está esculpida por las corrientes fluviales y el oleaje de la costa, lo cual se manifiesta por materiales y formas característicos: depósitos fluvio-lacustres (detrítico terrestre y marino) de textura arcillosa-arenosa fina a arenosa fina y media, y depósitos litorales arenosos, que constituyen playas alargadas y estrechas.

En la subprovincia Planicie costera de Veracruz, se distinguen a la escala considerada, dos pequeñas planicies de este tipo, que terminan en pequeñas dunas y playas: la de Sontecomapan en la sierra de Los Tuxtlas y la Laguna del Ostión, al oeste de Coatzacoalcos; ambas formadas por depósitos recientes arcillo-limo-arenosos (Figura 5).

### *1.3. Planicies de acumulación marina (Unidad 31)*

Son de pequeñas dimensiones y están formadas por depósitos arenosos acumulados por la acción del oleaje. Se ubican en la Planicie y lomeríos del norte, correspondiendo a la playa recta y estrecha entre las barras de Tecolutla y Nautla, a la playa recta entre Barra de Palmas y Barra Nueva al norte de Vega de Alatorre, y a la playa recta de Barra San Agustín al sureste de Emilio Carranza (Figura 3).

### *1.4. Planicies de acumulación fluvial (Unidad 32)*

Son las planicies formadas por los aluviones de los grandes ríos procedentes de las montañas. En la región norte se extienden, la planicie del río Tamacuil y sobre todo las anchas llanuras arcillo-arenosas de los ríos Pánuco y Moctezuma, constituidas por terrazas, meandros y brazos abandonados. A proximidad de la costa se ubican la pequeña planicie, al sur de Tuxpan y la planicie que bordea cerca de Nautla el sector

norte del Cinturón Neovolcánico (Figura 3), formada por los ríos Bobos, Colipa, Misantra y Juchique. En la región centro-sur de la Planicie costera de Veracruz, se encuentran la pequeña planicie del río Huazuntal y sus afluentes, detrás de la laguna del Ostión; las planicies de los ríos Tesechoacan y San Juan, afluentes de la margen derecha del río Papaloapan; la planicie del propio río Papaloapan al norte y sur de Cosamaloapan, y la extensa planicie situada entre Cardel e Ignacio de la Llave formada por los ríos Actopan, La Antigua y Jamapa (Figura 4).

### *1.5. Planicies de acumulación-erosión, tipo fluvial-proluvial (Unidad 33)*

Son horizontales o poco inclinadas, con leves ondulaciones ocasionales, que resultan de la acción combinada y alterna en el tiempo y en el espacio, de fenómenos de depositación y erosión de sedimentos acarreados por corrientes fluviales, y procesos proluviales de clima sub-húmedo. En la Planicie y lomeríos del norte al noreste de Chicontepec, se caracterizan por poseer una topografía poco ondulada cuando resultan de la erosión de lutitas y areniscas del Oligoceno, y planas, cuando predomina la acumulación fluvial (Figura 2). En la Planicie costera de Veracruz, existe una ondulada alrededor de Piedras Negras y una pequeña y plana al pie de la ladera centro-occidental de la sierra de Los Tuxtlas (Figura 4).

### *1.6. Planicies de erosión-acumulación, tipo proluvial (Unidad 34)*

Es una extensa planicie inclinada y ondulada, formada por procesos erosivos de clima sub-húmedo, dominando sobre los de acumulación proluvial. Localizada al margen del Cinturón Neovolcánico, entre las poblaciones de Cerro Gordo al norte y Tierra Blanca al sur, es transicional entre los sistemas montañosos y la planicie costera. Está constituida por pequeños lomeríos de pendiente suave, desarrollados sobre sedimentos continentales de conglomerado y arenisca.

### *1.7. Planicies de acumulación eólica-marina (Unidad 35)*

Se caracterizan por el predominio de la acción del oleaje al modelar formas litorales, de las cuales algunas son modificadas por el viento y



transformadas en dunas. La unidad se localiza en:

- a) La Planicie y lomeríos del norte, lo que corresponde a la flecha litoral de Cabo Rojo, que bordea la laguna de Tamiahua (Figura 2). Dicha forma resulta de una acumulación marina predominante, a la cual se asocian dunas eólicas al norte de Cabo Rojo y en la parte interna de la flecha. Esta unidad está separada de la planicie de Tamiahua por el estero de Milpas, al sur y por el estero Chijol, al norte. Este rasgo geomorfológico constituye la parte terminal meridional de un extenso sistema de islas-barrera del Golfo de México, que abarca toda la costa de los estados de Texas (Estados Unidos) y de Tamaulipas (México).
- b) La Planicie costera de Veracruz, que corresponde a dunas o campos de dunas costeras, asociados con playas. Las de mayor extensión se presentan en forma ininterrumpida desde Punta Mancha, al norte, hasta Punta Puntillas, al sur (Figuras 3 y 4), siendo particularmente abundantes entre la desembocadura del río La Antigua y la laguna de Alvarado, al norte y sur de Veracruz, respectivamente. Entre la laguna del Ostión y la desembocadura del río Tonalá, las dunas se presentan de manera discontinua; en su mayoría son de forma parabólica con aspecto de peineta, aunque en ciertos sitios, como en Punta Zempoala, se desarrollan campos de dunas transversales (Geissert y Dubroeuq, 1995).

En las unidades geomorfológicas de planicie con influencia marina, la costa se caracteriza por una constante transformación debido a factores tanto activos como pasivos; desde el punto de vista genético y como consecuencia de la acción de uno o varios de ellos, Ortiz y Espinosa (1991) distinguen:

- a) Costa abrasiva, resultado de la destrucción de las rocas compactas por el oleaje. Se caracteriza por acantilados o laderas abruptas en tierra firme, y una plataforma de abrasión o superficie de inclinación débil que se extiende por debajo del nivel del agua.
- b) Costa acumulativa, caracterizada por el depósito de sedimentos.

- c) Costa abrasiva-acumulativa o costa mixta, donde se combinan ambas formas estrechamente relacionadas genéticamente. Así, la línea costera es una alternancia de formas resultantes de ambos procesos.

En el estado de Veracruz, la línea de costa en contacto con el mar abierto tiene una longitud aproximada de 680 km y se divide de sur a norte en:

- Costa acumulativa, de dunas y llanuras de inundación en la zona de Coatzacoalcos, con 62 km.
- Costa mixta rocosa, con playas y dunas en la zona de la sierra de Los Tuxtlas, con 96 km.
- Costa acumulativa, de campos de dunas, playas, marismas y lagunas, de Punta Puntillas a Punta La Mancha, con 170 km.
- Costa mixta rocosa, con playas, abanicos aluviales y algunas lagunas, desde Punta La Mancha a Barra Santa Ana, con 37 km.
- Costa acumulativa, de cordones litorales, líneas de playas tanto antiguas como actuales, y pocas lagunas, con 167 km, desde la Barra de Santa Ana hasta la laguna de Tampamachoco.
- Costa acumulativa, de islas barreras, flechas, lagunas y esteros de la zona de Tamiahua, con 148 km, entre la laguna de Tampamachoco y la desembocadura del río Pánuco.

## 2. Planicies bajas estructurales de plataforma, formadas en el Cuaternario (Unidad 36)

La única planicie de este tipo en el estado se localiza en el extremo norte y ocupa una extensión reducida de 680 km<sup>2</sup>, enclavada entre los sistemas fluvio-lacustres del río Tamesí al norte y del río Pánuco al sur (Figura 2). Su topografía es de lomerío suave de baja altitud (inferior a 100 m), que resulta de la disección por procesos erosivos de zona subhúmeda, de las lutitas calcáreas del Cretácico superior y de las lutitas calcáreas con intercalaciones de margas, areniscas y yeso del Paleoceno. La planicie está fracturada por un sistema más o menos ortogonal, de dirección suroeste-noreste y noroeste-sureste, que ejerce un control estruc-



tural limitado sobre el drenaje superficial. Dicha unidad constituye la parte meridional de una extensa planicie estructural, limitada al oeste por la Sierra Madre Oriental y que se extiende por todo el estado de Tamaulipas.

#### **F. Las márgenes montañosas y zonas transicionales, de edad cuaternaria**

Están representadas, en el estado de Veracruz, por un relieve de piedemonte de origen volcánico-acumulativo (Unidad 37), correspondiente a la parte baja de la ladera occidental de la sierra Cofre de Perote-Las Cumbres, extendiéndose desde las poblaciones de Villa Aldama, al norte de Perote, hasta La Gloria, al sur (Figura 3). Es una zona de planicie y piedemonte situada entre 2 400 y 2 600 m de altitud, constituida por espesos depósitos de pómez (tepezil) y cenizas volcánicas, remodelados por procesos erosivo-acumulativos. Su extensión es reducida, ya que con 409 km<sup>2</sup>, sólo cubre 0.6% del territorio.

#### **DISCUSIÓN**

El estado de Veracruz posee gran diversidad geomorfológica; del total de 14 provincias de tierra firme que abarcan todo México, seis están representadas en él. La superficie cubierta por cada una de ellas es muy variable: la Planicie costera del Golfo de México con 75% de la superficie, confiere al estado su fisonomía general, mientras que las cinco provincias restantes, las de montaña y las del altiplano, que forman una barrera orográfica entre el interior del país y dicha planicie, sólo cubren la cuarta parte del estado. Contrario a las suposiciones más arraigadas, el sistema montañoso más representativo es la subprovincia "Margen oriental de piedemonte" del Cinturón Neovolcánico Transversal, que cubre 12.4% de la superficie del estado, contra 4.5% de la Sierra Madre del Sur, 3.7% de las Montañas de Chiapas, 3.6% de la Sierra Madre Oriental y sólo 0.4% de la Mesa Central.

Los límites y los nombres de las provincias y subprovincias no coinciden siempre con los de la Carta Estatal de Regionalización Fisiográfica. Las diferencias más notorias aparecen en el sector sur del estado, con la subprovincia fisiográfica "Altos de Chiapas" de la provincia

"Sierras de Chiapas y Guatemala", y con la discontinuidad "Sierra de Los Tuxtlas", perteneciendo a la provincia "Llanura Costera del Golfo Sur". Para respetar el sistema de Lugo y Córdova, el sector de lomerío y llanura de los "Altos de Chiapas" fue reasignado a la subprovincia geomorfológica "Planicie costera de Veracruz" y el sector serrano a la subprovincia "Sierras y altiplano plegados del norte de Chiapas". Estos cambios de nomenclatura obligaron a un nuevo diseño de los contornos de dichas subprovincias. En el segundo caso, la Sierra de Los Tuxtlas ya no figura como división taxonómica, sino que queda incluida en la subprovincia "Planicie costera de Veracruz".

La diversidad del estado se manifiesta también en las 37 unidades geomorfológicas (de un total de 65 de tierra firme en toda la República Mexicana), representadas por las montañas, los lomeríos y las planicies bajas. El estado no comprende las grandes mesetas y depresiones intermontanas de las altiplanicies, ni la mayoría de las márgenes montañosas, ni las planicies estructurales de plataforma, pero incluye todas las formas de planicies bajas de acumulación que caracterizan al Golfo de México, a excepción de las deltaicas, que son típicas de las planicies costeras de Tabasco, Campeche y Tamaulipas.

Comparadas con los "sistemas de topoformas" de la Carta Estatal de Regionalización Fisiográfica, que nada más se definen por una asociación de formas de relieve (sierra, lomerío, llanura,...), las unidades geomorfológicas son multifactoriales. Cada una se describe no sólo por su morfología, sino también por su origen litológico y geomorfológico, especificando edad y tipo de roca, así como edad, tipo de proceso morfodinámico dominante y condiciones climáticas en donde se producen. Por tanto, la denominación de las unidades difiere bastante de la de los "sistemas de topoformas", aunque sus contornos se asemejan en la mayoría de los casos.

El patrón de distribución geográfica de las unidades geomorfológicas es bastante repetitivo a lo largo de la vertiente del Golfo de México: las montañas, los lomeríos, las planicies de transición y las planicies bajas costeras se ordenan de esta forma desde las partes altas hacia las bajas. Dicha secuencia puede explicarse



por la sucesión y alternancia en tiempos geológicos, de las fases de sedimentación, de deformación y edificación, y de destrucción por la erosión.

Los sistemas montañosos son las formas de relieve más antiguas. La Sierra del Soconusco es un batolito cuyo emplazamiento pudo haber estado asociado al cierre del Océano Proto-Atlántico y la unión de Sudamérica y África con Norteamérica, lo cual culminó durante la orogenia Apalachiana (a finales del Paleozoico). Fue una de las primeras zonas de tierra emergida en México y ha estado sujeta desde esa época a numerosas fases erosivas; sin embargo, la forma topográfica actual es el producto de una modelación del Plioceno-Cuaternario.

Los flancos de la Sierra Madre Oriental y de la Sierra Madre del Sur que abarca el estado, están formados por gruesas secuencias calcáreas, originadas por una transgresión marina generalizada, relacionada con la apertura del Mar de Tethys durante la disgregación de la Pangea. A finales del Cretácico y principios del Terciario, dichos estratos de sedimentos fueron deformados por la orogenia Larámide, a causa de la convergencia de las Placas Norteamericana y Paleopacífica, provocando un levantamiento de la zona occidental del país. Al mismo tiempo, hubo una regresión marina hacia el este, favoreciendo la denudación de los relieves y la acumulación de materiales detríticos en forma de deltas progradantes sobre la paleo-planicie costera (Morán, 1990).

Los relieves montañosos más recientes corresponden a las sierras volcánicas del Cinturón Neovolcánico Transversal y de la Mesa Central, y dentro de la Planicie costera de Veracruz, a la Sierra de Los Tuxtlas. Se trata de estratovolcanes formados por lavas y productos piroclásticos del Terciario medio hasta el Cuaternario, y de conos monogenéticos basálticos del Pleistoceno superior y Holoceno (Geissert *et al.*, 1994; Martín, 1997; Negendank *et al.*, 1985; Robin y Cantagrel, 1982). En estos relieves destacan las cimas del Cofre de Perote (4 250 msnm) y del Pico de Orizaba (5 610 msnm), siendo esta última la más alta del país. El origen del vulcanismo no está claramente comprobado, pero se presume asociado con la subducción hacia el noreste de la Placa de Cocos.

Los relieves montañosos actuales son el producto de un modelado de disección iniciado en el Plioceno y plenamente desarrollado durante el Cuaternario, no obstante las diferencias geolito-cronológicas, a excepción de las montañas desarrolladas en calizas, que presentan la particularidad de asociar a los procesos de disección los de carsificación, dando lugar a una nueva variedad de formas, tanto superficiales como subterráneas.

Los lomeríos presentan la mayor variedad litológica y morfológica de todas las formas de relieve. De las 13 unidades representadas, 11 son el resultado de la disección fluvial y dos de la acumulación volcánica. Las primeras comprenden los lomeríos modelados por la erosión, tanto sobre rocas sedimentarias, como volcánicas y metamórficas; se ubican generalmente sobre las laderas inferiores de las montañas o en la planicie costera, en donde los materiales que los conforman fueron depositados por las corrientes fluviales que se escurren hacia el Golfo de México. Las segundas, constituidas por agrupamientos de volcanes monogenéticos, son testigos de la actividad volcánica reciente de la sierra de Los Tuxtlas.

Debido a la variabilidad topográfica, se hizo una división sencilla entre lomeríos con llanos y lomeríos con cañadas, lo cual es indicativo de su forma general y de la importancia cualitativa de la disección. La información disponible indica que ambos tipos pueden presentarse tanto sobre materiales volcánicos como sobre sedimentarios, independientemente de la zona climática. Por su parte, la carsificación ocurre sólo en clima húmedo, principalmente en lomeríos con llanos sobre rocas sedimentarias del mesozoico, plegadas y fracturadas. Esta separación en lomeríos con llanos y con cañadas no constituye un criterio de clasificación. Estudios a un nivel taxonómico inferior tendrían que establecer una tipología con base en su altura, su grado y forma de disección, así como en la relación entre la morfología, la litología y las condiciones climáticas, a fin de definir los criterios de clasificación más idóneos.

Las planicies bajas son marginales a los sistemas montañosos y fueron formadas por procesos acumulativos fluviales, marinos y eólicos durante el Cuaternario. Además de los



lomeríos de disección que cubren gran parte de su extensión, aparecen distintos relieves que son testigos de la propagación de la actividad ígnea del norte al sur. Las manifestaciones neotectónicas son relativamente débiles, salvo en el contacto con el relieve montañoso, como en el caso del Cinturón Neovolcánico, donde se encontraron indicios de deformaciones recientes en dunas, al sur de la sierra de Palma Sola (Geissert y Dubroeuq, 1995).

Por su gran interés, aunque su acción geomorfológica sólo se manifiesta a través de alteraciones del relieve producidas por las actividades humanas, se mencionan los yacimientos petroleros en rocas cretácicas de la Faja de Oro, al norte (Poza Rica) y los asociados con los domos salinos y rocas miocénicas, al sur (Minatitlán).

A la altura del paralelo 20° N, la Planicie costera del Golfo de México es interrumpida por las montañas del Cinturón Neovolcánico Transversal, que separa dos subprovincias con características geomorfológicas distintas: la Planicie y lomeríos del norte, que constituye desde el punto de vista geodinámico una transición entre la planicie estructural de plataforma de Tamaulipas, que tiende al levantamiento, y la Planicie costera de Veracruz, que es acumulativa y con tendencia al hundimiento. En la primera, la proporción de lomeríos es todavía importante, con respecto a las planicies bajas acumulativas, restringidas a la franja costera, a excepción de la llanura del río Pánuco. La actividad ígnea se manifiesta por el emplazamiento de pequeños cuerpos intrusivos (en Cerro Azul y en Naranjos) y acumulaciones de lava que forman actualmente inversiones de relieve, con aspecto de pequeñas sierras (Tantima) o de mesas volcánicas (Poza Rica). La costa se extiende en una dirección nornoroeste-sursureste de manera uniforme y es exclusivamente acumulativa, constituida por cordones litorales y líneas de playas antiguas, así como por islas barreras y lagunas.

La Planicie costera de Veracruz es más ancha que la anterior (hasta unos 40 km) y tiene una mayor proporción de planicies acumulativas con respecto a los lomeríos. Esto indica una mayor tendencia a la subsidencia, que favorece la gran

acumulación de sedimentos fluviales, tal como ocurre en las cuencas bajas de los ríos que convergen hacia la laguna de Alvarado. Sin embargo, dicho patrón está parcialmente modificado por la actividad volcánica, responsable de la formación del conjunto continuo de estratovolcanes con laderas abruptas, lomeríos de disección sobre piroclastos y campos de conos monogenéticos de la Sierra de los Tuxtlas. La línea costera se caracteriza por la alternancia en forma de escalones, de tramos de dirección nornoroeste-sursureste y este-oeste. En estos últimos, se forman los principales campos de dunas costeras del estado, debido a su orientación perpendicular a los vientos activos del norte. A la costa de tipo acumulativo, con playas, dunas, llanuras de inundación y lagunas, se asocia un sector mixto de playas, caletas y acantilados de la sierra de los Tuxtlas.

## CONCLUSIÓN

El mapa de regionalización geomorfológica del estado de Veracruz, a escala 1:1 000 000, comprende 37 unidades de tierra firme que pertenecen a seis provincias geomorfológicas de México. A diferencia de todas las zonificaciones anteriores, dicho mapa presenta unidades de relieve, caracterizadas tanto por elementos morfométricos y estructurales, como morfogénicos. Proporciona información nueva sobre el origen, la edad y los procesos exógenos dominantes, y por consiguiente, es a la vez descriptiva y explicativa de las formas del relieve.

Las principales unidades geomorfológicas encontradas, por orden de importancia, considerando la superficie que cubren, son:

- los lomeríos disecados por procesos del Cuaternario,
- las planicies bajas acumulativas formadas en el Cuaternario, y
- las montañas con modelado de disección del Plioceno-Cuaternario.

Las dos primeras están localizadas esencialmente en la provincia de la Planicie costera del Golfo de México y la tercera, en las provincias del Cinturón Neovolcánico Transversal, de la Sierra Madre del Sur, de la Sierra Madre Oriental y de las Montañas de Chiapas.

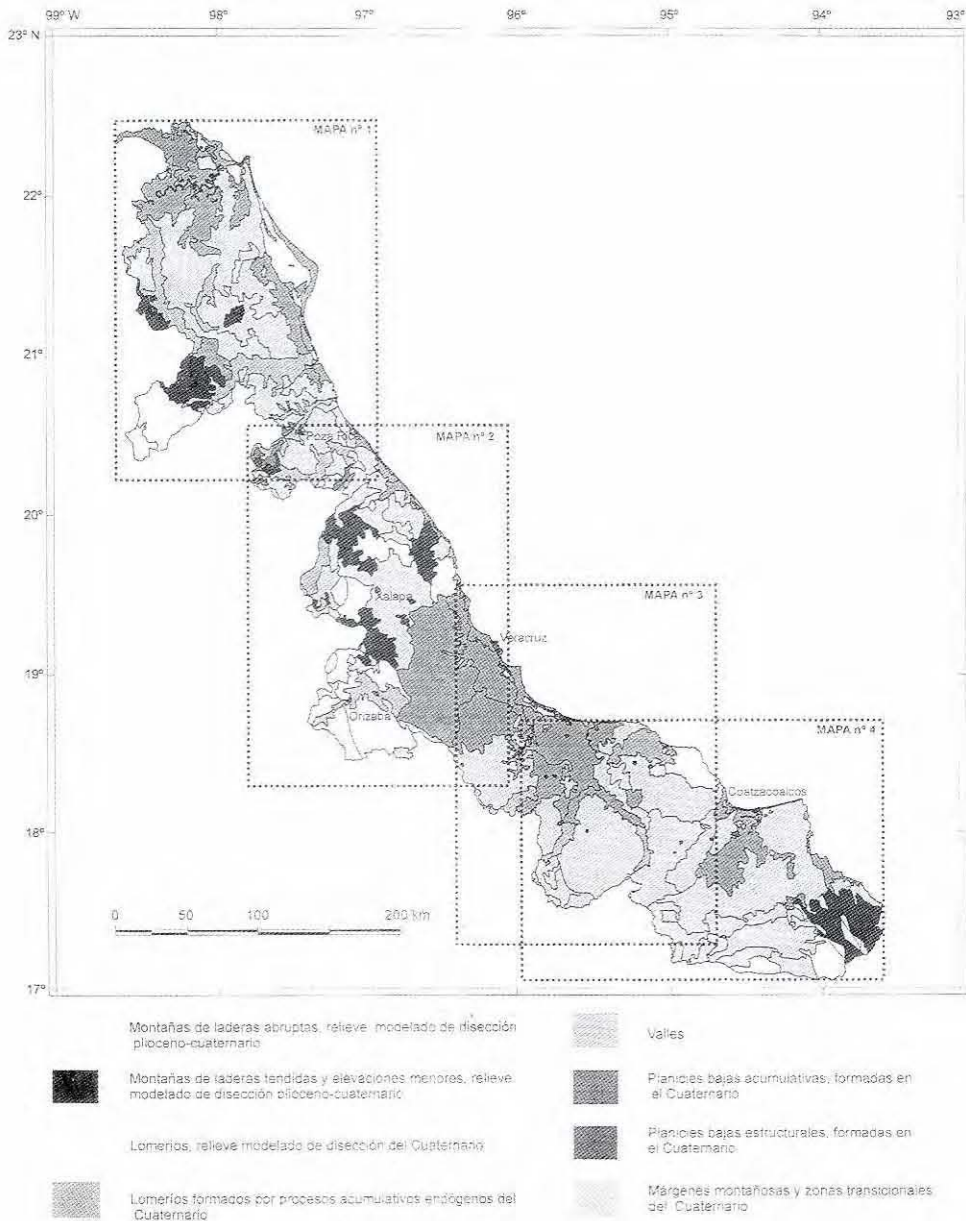


La información propuesta es básica para localizar y orientar futuros estudios geomorfológicos en la entidad, que deben realizarse en rangos taxonómicos inferiores, a fin de definir con detalle las categorías y las clases correspondientes a cada uno de ellos. Asimismo, brinda datos valiosos para los estudios de planeación regional, de ordenamiento ecológico y de evaluación de riesgo ambiental.

## AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al Mat. Juan Chávez Alarcón y al L.I. Policarpo Ronzón Pérez su colaboración en la edición computarizada de los mapas, y a la Dra. Estela Enríquez Fernández por la revisión del manuscrito.

### ANEXO 1. Regionalización geomorfológica del estado de Veracruz





**Montañas de laderas abruptas, de alturas relativas superiores a 600 m. Relieve modelado de disección Plioceno-Cuaternario**

1. Plegadas, constituidas por rocas sedimentarias mesozoicas. Erosión fluvial y carsificación de clima subhúmedo.
2. Plegadas, constituidas por rocas sedimentarias mesozoicas. Carsificación superficial y subterránea de clima húmedo. Erosión fluvial localizada.
3. Plegadas, en estructura de cabalgadura y constituidas por rocas sedimentarias mesozoicas. Carsificación superficial y subterránea de clima húmedo. Erosión fluvial localizada.
4. De bloque, de rocas intrusivas, esencialmente paleozoicas. Erosión fluvial de clima húmedo.
5. Formadas por acumulaciones de andesita/basalto y flujos piroclásticos del Oligoceno-Neógeno (Terciario). Erosión fluvial de clima subhúmedo.
6. Formadas por acumulaciones de andesita/basalto y flujos piroclásticos del Terciario. Erosión fluvial de clima húmedo.
7. Formadas por acumulaciones de andesita/basalto y flujos piroclásticos del Terciario y Cuaternario. Zona de procesos periglaciales y glaciales.

**Montañas de laderas tendidas y elevaciones menores, de altura relativa inferior a 600 m. Relieve modelado de disección Plioceno-Cuaternario**

8. Plegadas, constituidas por rocas sedimentarias mesozoicas. Erosión fluvial y carsificación de clima subhúmedo.
9. Plegadas, constituidas por rocas sedimentarias mesozoicas. Erosión fluvial de clima húmedo.
10. Plegadas, constituidas por rocas sedimentarias mesozoicas. Carsificación superficial y subterránea, con erosión fluvial localizada de clima húmedo.
11. Formadas por acumulaciones de andesita/basalto y flujos piroclásticos del Terciario superior. Erosión fluvial de clima húmedo.

12. Formadas por acumulaciones de basalto del Terciario. Erosión fluvial de clima subhúmedo.
13. De rocas sedimentarias meso-cenozoicas, en estructura monoclinas. Erosión fluvial de clima húmedo.

**Lomeríos. Relieve modelado de disección del Cuaternario**

14. De rocas volcánicas, paleogénicas a cuaternarias; asociados con llanos. Erosión fluvial de clima subhúmedo.
15. De rocas volcánicas, paleogénicas a cuaternarias; asociados con llanos. Erosión fluvial de clima húmedo.
16. De rocas volcánicas, paleogénicas a cuaternarias; asociados con cañadas. Erosión fluvial de clima húmedo.
17. De rocas sedimentarias mesozoicas en estructura monoclinas o plegada; asociados con llanos. Carsificación superficial y subterránea de clima húmedo, con erosión fluvial localizada.
18. De rocas sedimentarias mesozoicas en estructura monoclinas o plegada; asociados con cañadas. Erosión fluvial de clima húmedo.
19. De rocas sedimentarias mesozoicas en estructura monoclinas o plegada; asociados con cañadas. Erosión fluvial y carsificación de clima húmedo.
20. De rocas sedimentarias cenozoicas en estructura monoclinas; asociados con llanos. Erosión fluvial de clima subhúmedo.
21. De rocas sedimentarias cenozoicas en estructura monoclinas; asociados con llanos. Erosión fluvial de clima húmedo.
22. De rocas sedimentarias cenozoicas en estructura monoclinas; asociados con cañadas. Erosión fluvial de clima subhúmedo.
23. De rocas sedimentarias cenozoicas en estructura monoclinas; asociados con cañadas. Erosión fluvial de clima húmedo.
24. De rocas metamórficas mesozoicas. Erosión fluvial de clima húmedo.



### **Lomeríos formados por procesos acumulativos endógenos**

- 25. Campos de volcanes cuaternarios, monogenéticos, con cubierta de toba. Erosión fluvial de clima subhúmedo.
- 26. Campos de volcanes cuaternarios, monogenéticos, con cubierta de toba. Erosión fluvial de clima húmedo.

### **Mesas**

- 27. De acumulación volcánica tipo basáltica, del Oligoceno-Cuaternario. Erosión fluvial de clima húmedo.

### **Valles**

- 28. Valle con acumulación y erosión fluvial de clima húmedo y subhúmedo.

### **Planicies bajas acumulativas, formadas en el Cuaternario. Marginales a sistemas montañosos**

- 29. De acumulación fluvio-lacustre, con aluviones areno-arcillosos, cauces, lagunas y humedales.

- 30. De acumulación fluvio-marina, con marismas y playas.

- 31. De acumulación marina, con sedimentos arenosos, playas rectas e islas-barrera.

- 32. De acumulación fluvial, aluviones, cauces.

- 33. De acumulación-erosión, tipo fluvial-proluvial, de clima subhúmedo, horizontales a inclinadas, con sedimentos clásticos.

- 34. De erosión-acumulación, proluviales e inclinadas con ondulaciones, sobre conglomerados y areniscas. Erosión de clima subhúmedo.

- 35. De acumulación eólica-marina, sedimentos arenosos formando dunas parabólicas y transversales.

### **Planicies bajas estructurales, formadas en el Cuaternario. De plataforma y constituidas en la superficie por capas subhorizontales de rocas sedimentarias del Paleógeno-Neógeno**

- 36. De lomeríos, con erosión de clima subhúmedo.

### **Márgenes montañosas y zonas transicionales, de edad cuaternaria**

- 37. Piedemonte volcánico-acumulativo.



Cuadro 2. Superficie cubierta por las unidades geomorfológicas del estado de Veracruz.

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA		km <sup>2</sup>	%
Montañas de laderas abruptas.	1	1 747	2.5
Relieve modelado de disección Plioceno-Cuaternario.	2	2 205	3.1
	3	394	0.5
	4	253	0.3
	5	468	0.7
	6	2 315	3.3
	7	77	0.1
	Montañas de laderas tendidas y elevaciones menores.	8	567
Relieve modelado de disección Plioceno-Cuaternario.	9	57	0.1
	10	57	0.1
	11	1 305	1.8
	12	126	0.2
	13	2 795	4.0
	Lomeríos.	14	305
Relieve modelado de disección del Cuaternario.	15	1 518	2.1
	16	3 971	5.6
	17	461	0.6
	18	737	1.0
	19	1 460	2.1
	20	11 419	16.2
	21	6 559	9.3
	22	5 715	8.1
	23	1 794	2.5
	24	80	0.1
	Lomeríos formados por procesos endógenos del Cuaternario.	25	374
26		590	0.8
Mesas.	27	311	0.4
Valles.	28	4 681	6.6
Planicies bajas acumulativas, formadas en el Cuaternario.	29	5 136	7.3
	30	524	0.7
	31	71	0.1
	32	4 446	6.3
	33	2 400	3.4
	34	3 531	5.1
	35	969	1.4
	Planicies bajas estructurales del Cuaternario.	36	681
Márgenes montañosas y zonas transicionales.	37	409	0.6



## REFERENCIAS

- Espinasa, R. (1990), "Carso (Karst)", esc. 1:8 000 000, *Atlas Nacional de México*, IV.3.4, "Geomorfología 2", Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Geissert, D., D. Dubroeuq, D., A. Campos y E.. Meza (1994), *Carta de unidades geomorfoedafológicas de la región natural Cofre de Perote, Veracruz, México*, escala 1:75 000, Instituto de Ecología-ORSTOM-CONACyT.
- Geissert, D. y D. Dubroeuq (1995), "Influencia de la geomorfología en la evolución de suelos de dunas costeras en Veracruz, México", en *Geomorfología, Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. especial 3, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 37-52.
- Islas, O. R. (1990a), "Aspectos físicos y recursos naturales del estado de Veracruz I. Fisiografía", *Textos Universitarios*, Universidad Veracruzana, México, pp. 17-20.
- Islas, O. R. (1990b), "Aspectos físicos y recursos naturales del estado de Veracruz I. Orografía", *Textos Universitarios*, Universidad Veracruzana, México, pp. 21-26.
- ITC (1992), *Integrated Land and Water Management Information System (ILWIS), User's Manual version 1.3*, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, Enschede, The Netherlands.
- Jiménez, R. A. (1979), "Características hidrográficas de la vertiente del Golfo de México en el estado de Veracruz", *Boletín*, núm. 9, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 117-156.
- Lugo H. J. (1991), "Procesos exógenos", esc. 1:8 000 000, en *Atlas Nacional de México*, IV.3.4, "Geomorfología 2", Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Lugo H., J. (1991), *Elementos de geomorfología aplicada (Métodos cartográficos)*, Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Lugo H., J. y C. Córdova F. (1990a), "Formas de relieves", esc. 1:4 000 000, *Atlas Nacional de México*, Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Lugo H., J. y C. Córdova F. (1990b), "Regionalización geomorfológica", esc. 1:12 000 000, en *Atlas Nacional de México*, Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Lugo H., J. y C. Córdova F. (1992), "Regionalización geomorfológica de la República Mexicana", *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. 25, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 25-63.
- Lugo H., J. y C. Córdova F. (1996), "The geomorphological map of Mexico at scale 1:4 000 000", *Z. Geomorph. N. F., Suppl.-Bd.* 103, pp. 1313-322.
- Martín del Pozzo, A. (1997), "Geología", en González et al. (eds.), *Historia natural de Los Tuxtlas*, UNAM, México.
- Morán Zenteno, D. (1990), *Geología de la República Mexicana*, 1ª. reimp., INEGI, México.
- Negendank J., F. W., R. Emmermann, R. Krawczyk, F. Mooser, H. Tobschall y D. Werle (1985), "Geological and geochemical investigations on the eastern Transmexican Volcanic Belt", *Geof. Int.*, vol. 24-4, pp. 477-575.
- Ortiz P., M. A. y L. Espinosa R. (1991), "Clasificación geomorfológica de las costas de México", *Geografía y Desarrollo*, vol. II, núm. 6, pp. 2-9.
- Robin, C. y J. M. Cantagrel (1982), "Le Pico de Orizaba (Mexique): Structure et évolution d'un grand volcan andésitique complexe", *Bull. Volcanol.*, vol. 45-4, pp. 299-315.
- Soto, M., L. Giddings y M. Gómez (1996), "Algunos usos de bioclimas: un sistema especializado de información geográfica", en *Sistemas de Información Geográfica en México, Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. esp. 4, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 63-83.
- SPP-INEGI (1988), *Síntesis geográfica, Nomenclátor y Anexo cartográfico del estado de Veracruz*, INEGI, Aguascalientes.
- SPP-INEGI (1982-1984), *Carta geológica*, esc. 1:250 000, Dirección General de Geografía, México (11 hojas: Ciudad Valles F14-8, Pachuca F14-11, Ciudad Mante F14-5, Tamiagua F14-9, Tampico F14-3-6, Poza Rica F14-12, Veracruz, E14-3, Orizaba E14-6, Coatzacoalcos E15-1-4, Minatitlán E15-7, Villahermosa E15-8).
- West R., C., P. Psuty N. y G. Thom B. (1969), *The Tabasco lowlands of southeastern Mexico*, Coastal Studies Series Number 27, Louisiana State Univ. Press.