

Análisis morfoestructural de las cuencas hidrográficas de los ríos Sabana y Papagayo (tercio medio-inferior), estado de Guerrero, México

José Ramón Hernández Santana*
Mario Arturo Ortiz Pérez*

Recibido: 25 de noviembre de 2003
Aceptado en versión final: 31 de enero de 2005

Resumen. En este trabajo se presentan las principales regularidades del plano morfoestructural de los tercios medio e inferior de las cuencas hidrográficas de los ríos Papagayo y Sabana, en el estado de Guerrero, el cual se formó durante la etapa neotectónica (N - Q) del desarrollo del relieve, en un diseño de bloques positivos y negativos, que han heredado la estructura interna de los diferentes complejos litológicos presentes y de sus deformaciones tectónicas antiguas, determinando la presencia de morfoestructuras masivas, sobre basamento granítico; morfoestructuras de bloques en plegamientos y monoclinales sobre rocas terrígenas y mantos calcáreos; morfoestructuras caóticas sobre depósitos gravitacionales; morfoestructuras en depósitos jóvenes no consolidados; y otros tipos. La neotectónica ha sido diferenciada, determinando diferentes ascensos durante la etapa que determinan un complicado mosaico de diversos estilos de fracturamiento, sobre los cuales se sobreponen los diseños de las foliaciones graníticas y metamórficas, como expresión tectónicamente pasiva de la litología.

Finalmente, la tipología estructuro-geomorfológica arrojó la presencia de 32 tipos de morfoestructuras, ocho en montañas medias, ocho en montañas bajas, siete en premontañas, cuatro en lomeríos y cinco en llanuras, desarrolladas en cinco basamentos geológicos con cuatro niveles de expresión litomorfoestructural. Estos bloques morfoestructurales encuentran relación en varias comunidades geotectónicas de interrelación interbloques neotectónicos: sistema irregular de bloques; sistema de horst triangulares escalonados, en transcurrencias; sistema isométrico de bloques escalonados; sistema asimétrico alterno de horst y graben; sistema de bloques escalonados en litomorfoestructuras circulares; sistema de litomorfoestructuras circulares en bóveda; entre otros.

Palabras clave: Morfoestructura, cartografía estructuro-geomorfológica.

Morphostructural analysis of the hydrographic basins of Sabana and Papagayo rivers (middle-lower third), Guerrero State, Mexico

Abstract. This study presents the morphostructural patterns of the lower parts of the Papagayo and Sabana river basins, formed during the neotectonic (N-Q) stage. The structural framework consists of positive and negative blocks, which inherited their internal structure from different lithologic complexes and from older phases of tectonic deformation.

* Instituto de Geografía, UNAM, Cd. Universitaria, 04510, Coyoacán, México, D. F. E-mail: santana@igiris.igeograf.unam.mx, maop@igiris.igeograf.unam.mx

The morphostructures can be distinguished, among others: massive, on granite basement; blocks on folds and monoclinals, on terrigenous and calcareous rocks; chaotic, on gravitational deposits; unconsolidated, on young deposits; and others types. Neotectonics has acted differentially, determining diverse faulting styles. The designs of granitic and metamorphic foliations are superimposed on those styles, as a tectonically passive expression of lithology.

Finally, the study found 32 types of morphostructures, associated in several geotectonic communities of blocks, among others: irregular system of blocks; system of stepped triangular horst, deformed by transcurrent faults; isometric system of stepped blocks; alternate asymmetrical system of horst and graben; system of stepped blocks on circular and annular structures; and others.

Key words: Morphostructure, structural-geomorphological cartography.

INTRODUCCIÓN

Las investigaciones geomorfológicas en México, se han desarrollado fundamentalmente en las direcciones morfométricas, morfogenéticas, de geomorfología volcánica, fluvial, de las pendientes, litoral, del fondo de los mares y océanos, y otras, pero lamentablemente no se ha abundado en el terreno de las clasificaciones morfoestructurales y en su representación cartográfica.

El objetivo de este trabajo es la determinación del plano morfoestructural de los tercios medio e inferior de la cuenca hidrográfica del río Papagayo y de la cuenca del río Sabana, en el estado de Guerrero, con vistas a destacar las principales regularidades de la expresión de la estructura geológica en su relieve, de revelar las fases principales de su formación y consolidación morfoestructural, y presentar un modelo cartográfico de este tipo de análisis a escala detallada, no existente en la literatura geomorfológica mexicana hasta el presente.

El alcance del trabajo permite establecer las bases del análisis morfoestructural a diferentes escalas que, en conjunto con los resultados regionales del estado de Oaxaca (Hernández Santana *et al.*, 2001) y el futuro mapa de las morfoestructuras, a escala 1: 4 000 000, contemplado en la segunda edición del *Atlas Nacional de México* para el 2005, abarcaría, en un primer intento, un espectro de diferentes escalas: local, regional y nacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio

El área de estudio, representada por los tercios medio e inferior de la cuenca hidrográfica del río Papagayo y la cuenca hidrográfica del río Sabana, está comprendida entre los 99° 27' y los 99° 52' de longitud oeste, y los 16° 41' y los 17° 15' de latitud norte, de las hojas topográficas Chilpancingo (E14-8) y Acapulco (E14 -11), a escala 1: 250 000, correspondientes a la zona 14 del esferoide Clarke, de 1866, y DATUM NAD27 (Figura 1).

Desde el punto de vista geográfico, estas cuencas hidrográficas ocupan la macropendiente pacífica de la Sierra Madre del Sur y, de acuerdo con la clasificación morfoestructural de la referida cordillera (Hernández *et al.*, 1996), se corresponden con el macro-bloque de Guerrero Occidental. La superficie del territorio comprende 2 528.4 km², de los tercios medio e inferior de la cuenca del río Papagayo (1 793.3 km²) y de la cuenca del río Sabana (735.1 km²).

En términos generales, el área queda delimitada por las montañas del anfiteatro del puerto de Acapulco, al suroeste; el Océano Pacífico y la Laguna de Tres Palos, al sur; y las montañas que circundan el poblado de Tierra Colorada, al norte, donde además, confluyen los ríos Omitlán y Papagayo. El límite meridional está representado

por la costa; los occidental y oriental por las divisorias de las aguas de las cuencas del río Sabana y del río Papagayo, respectivamente; mientras al norte se cierra por el paralelo 17° 15' de latitud norte, y al noreste, por el meridiano 99° 27' de longitud oeste.

En general, desde el punto de vista fisiográfico el relieve se caracteriza por un espectro de escalones orográficos que transitan desde un sistema de llanuras planas y disecadas (onduladas y colinosas), al sur, hasta lomeríos, premontañas, montañas bajas y medias, estas últimas en algunas localidades.

Métodos

La caracterización geológica del área de estudio comprendió la compilación de las cartas geólogo-mineras del Consejo de Recursos Minerales de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (2000), a escala 1: 250 000; del mapa geológico a escala

1: 65 000 elaborado por la Residencia de Estudios Geológicos de la cuenca del río Papagayo, Departamento de Estudios Geológicos de la Comisión Federal de Electricidad (CFE; 1985); de los informes geológicos de la CFE (1994) y de los resultados de los reconocimientos de campo durante el 2003.

En el análisis morfoestructural se aplicaron los métodos siguientes:

- Interpretación hipsométrica, topográfica y del modelo de sombreado, a escalas 1: 100 000, de las bases cartográficas digitales de INEGI (1998, 2001, 2002), pero elaboradas por el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota (LSIGyPR) del Instituto de Geografía de la UNAM (2002).
- Interpretación estructuro-geomorfológica de las fotos aéreas, a escala 1: 75 000 (INEGI, 1995), para la delimitación de las estructuras geológicas con expresión geomorfológica.

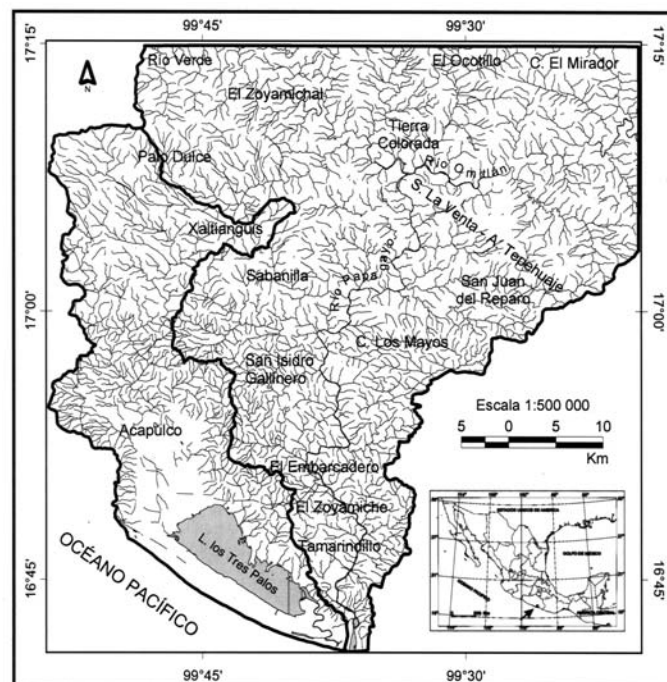


Figura 1. Área de estudio, mostrando algunas de las localidades mencionadas en el trabajo.

- Análisis de los morfoelementos lineales del relieve, con el fin de complementar el inventario de fallas geológicas reflejadas en el relieve y de los morfoalineamientos.
- Evaluación morfométrica del relieve (ángulo de inclinación de las pendientes, densidad de disección y energía del relieve) a escala 1: 100 000.
- Análisis del espectro de niveles geomorfológicos y sus deformaciones neotectónicas, para establecer los pisos altitudinales de las categorías básicas del relieve (montañas, lomeríos y llanuras).
- Interpretación morfotectónica del relieve a escala 1: 100 000, con vistas a determinar el mosaico espacial del plano morfoestructural.
- Análisis de los diseños de los sistemas orográficos (configuración y orientaciones) para complementar los criterios morfoestructurales.
- Comparación de los datos geomorfológicos con la estructura geológica, tomando como base la caracterización geológica de este trabajo. A los efectos morfoestructurales, las estructuras geológicas sin expresión en el relieve fueron discriminadas en el análisis por considerarse carentes de actividad moderna.

Principios de la clasificación tipológica de las morfoestructuras

Uno de los pasos metodológicos más importante en el campo geomorfológico, es la revelación de las relaciones entre la estructura geológica y el relieve de la superficie terrestre, mediante la interpretación, análisis, clasificación y representación cartográfica de los tipos de unidades morfoestructurales.

Para la clasificación de las morfoestructuras se partió de la teoría del análisis morfoestructural y de su clasificación tipológica (Guerasimov, 1986), de su aplicación en Cuba (Díaz *et al.*, 1989) y en el extremo

oriental cubano (Hernández *et al.*, 1995), adoptándose para el área de estudio las categorías geomorfológicas siguientes: geotextura, como grandes unidades geomorfológicas planetarias en correspondencia con la diferenciación de placas litosféricas; morfoestructura, como la expresión regional o local de la estructura geológica en el relieve; morfoescultura, como las formas del modelado exógeno de la superficie terrestre (Tabla 1). Estas categorías morfoestructurales sintetizan la representación cartográfica de la expresión en el relieve de la estructura geológica activa y de las condiciones litológicas pasivas.

La clasificación está basada en varios niveles jerárquicos: tipo de geotextura o unidad planetaria del relieve; basamentos geológicos; grado de reelaboración morfoestructural o del modelado exógeno, como reflejo pasivo de la litología; categorías básicas del relieve y de sus pisos altitudinales (montañas, lomeríos y llanuras) enlazados con la intensidad de los movimientos neotectónicos (Neógeno-Cuaternario); subcategorías del relieve y sus edades geológicas de consolidación morfo-estructural; tipo específico de morfoestructura, indicando su estructura interna, su sustrato geológico, su posición geotectónica en el contexto de sistemas tridimensionales o estilos geotectónicos de interacción interbloques, sus tipos de deformaciones tectónicas y su rango hipsométrico. Finalmente, aparecen clasificadas las formas estructuro-tectónicas con manifestación activa en el relieve.

A nivel planetario, el sistema montañoso de la Sierra Madre del Sur pertenece a una geotextura de orógeno joven, de transición marginal interplacas, con acreción de terrenos tectonoestratigráficos paleo-mesozoicos en zona de sutura subductiva.

De acuerdo con los basamentos geológicos existentes en el área de estudio, se puede dividir en: complejos metamórficos y metase-

Tabla 1. Categorías geomorfológicas básicas del análisis morfoestructural y su carácter genético correlativo

Triada del análisis morfoestructural	Carácter genético correlativo
Geotextura o unidades geomorfológicas planetarias	Componente geológica global y regional: placas litosféricas, arcos insulares, orogenos, etc.).
Morfoestructura	Componente endógena: expresión de la estructura geológica en el relieve (bloques en plegamientos, en monoclinales, etc.; masivas en basamento intrusivo; arqueadas por transpresión entre placas, etc.).
Morfoescultura	Componente exógena: expresión del modelado exógeno del relieve (procesos geomórficos exógenos (fluviales, marinos, erosivos, denudativos, kársticos, eólicos, glaciales, lacustres, antrópicas, etc.).

dimentarios del Proterozoico tardío-Paleozoico; complejos sedimentarios plegados y sub-horizontales del Cretácico temprano-medio; complejos intrusivos de granitoides; complejos de metaconglomerados volcánicos del Jurásico medio; complejos volcánicos riolíticos del Paleógeno, y complejos sedimentarios del Cuaternario.

Según el grado de reelaboración morfoescultural o del modelado exógeno del relieve (carácter litomorfoestructural), las morfoestructuras se dividen en: estructurodenudativas, formadas sobre complejos carbonatados y metacarbonatados, con expresión de "coraza litológica"; denudativo-tectónicas, formadas sobre complejos intrusivos, metaterígenos y terrígenos, muy disecados; y transgresivo-litorales, formadas por procesos fluviales, marinos y palustres en cuencas costeras.

Las características morfoestructurales de las principales categorías geomorfológicas se agrupan en los escalones hipsométricos siguientes: montañas medias (1 300 a ≤ 2 500 m, aunque en el área de estudio, la cúspide mayor tiene 2 260 m de altitud), montañas bajas (800 a < 1 300 m), premon-

tañas (400 a < 800 m), elevaciones o lomeríos (220 a < 400 m), y llanuras costeras (< 220 m).

RESULTADOS

Constitución geológica

La constitución geológica abarca una gran gama genética de complejos petromórficos, compuestos por rocas ígneas intrusivas (granitos, granodioritas, dioritas) y metamórficas (gneis, micas y pizarras), y en menor extensión de sedimentarias (calizas, areniscas). Sus edades oscilan entre el Precámbrico y el Cuaternario (Figura 2). Por su antigüedad y su posición geotectónica, en la zona sismoactiva de interacción entre las placas Cocos y Norteamericana, estos complejos metamórficos e intrusivos se encuentran altamente fracturados.

La columna estratigráfica del tercio medio-inferior de la cuenca hidrográfica del río Papagayo y de la cuenca del río Sabana es sumamente compleja y antigua (Figura 3). En su base descansan rocas graníticas y granodioríticas con un amplio diapasón de edades, que oscilan entre el Proterozoico

inferior y el piso alto del Eoceno y el bajo del Oligoceno. Sus afloramientos en el territorio de estudio, se distribuyen hacia el extremo oriental de la cuenca del río Papagayo, en su tercio inferior, y hacia el sector noroccidental del tercio medio-superior del río Sabana.

Estos plutones cortan las rocas metamórficas, clasificadas como gneises de biotita, de edad paleozoica, pertenecientes al terreno tectonoestratigráfico Xolapa. De

Cserna (1965) lo define por primera vez, como una secuencia de rocas metasedimentarias (esquistos y gneises de biotita, cuarcitas y mármoles), en la localidad de Barranca de Xolapa, al norte de Xaltianguis. Investigaciones de campo reflejaron el afloramiento de estos gneises en el sector medio de las cuencas.

De acuerdo con Sedlock *et al.* (1993), este complejo constituye un prisma acrecionario sobre los terrenos Mixteco y Zapoteco, y

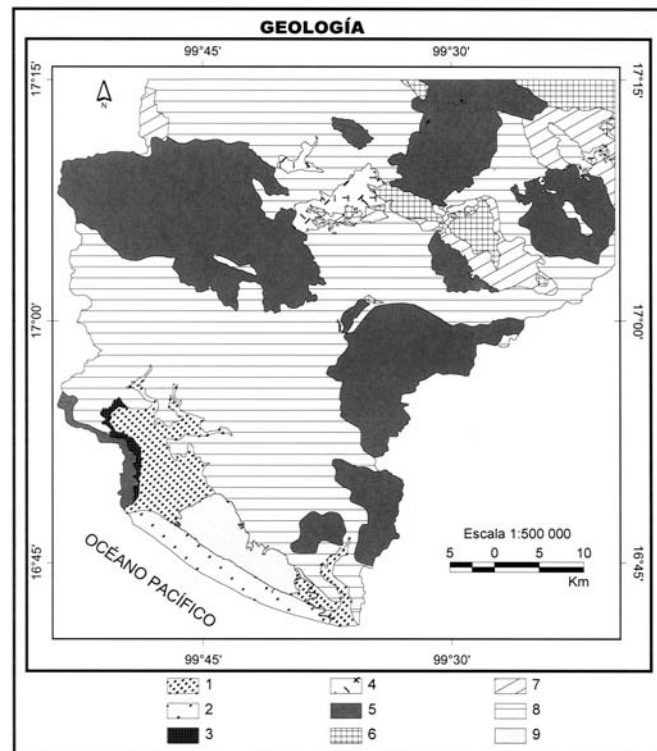


Figura 2. Geología del área de estudio. 1. Aluvión cuaternario de arenas y arcillas; 2. Depósitos arenosos litorales del Cuaternario; 3. Depósitos detríticos, coluvio-proluviales, del Cuaternario; 4. Derrames lávicos con depósitos piroclásticos de composición riolítica de la Formación Papagayo, del Mioceno; 5. Granitos, granodioritas, tonalitas y cuarzo-monzonitas, del Cretácico; 6. Calizas y dolomías, en capas gruesas, de la Formación Morelos, del Cretácico inferior; 7. Areniscas, limolitas, conglomerados, esquistos, pizarras y filitas de la Formación Chapolapa, del Triásico; 8. Gneises cuarzo-feldespáticos y pelíticos, esquistos de biotita, migmatitas y diques ácidos a básicos del complejo Xolapa, del Paleozoico; 9. Laguna de Tres Palos.

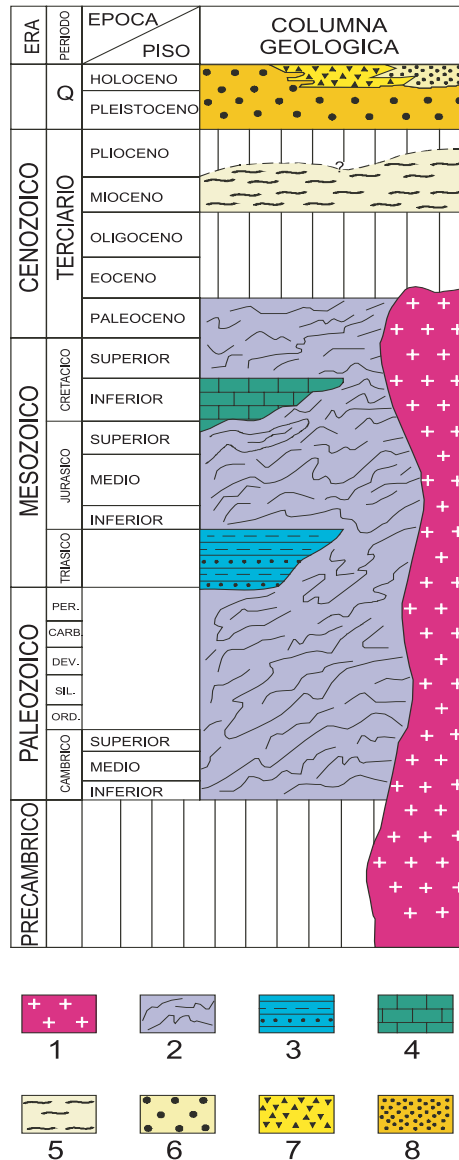


Figura 3. Columna geológica del área estudiada. Tipos litológicos: 1. Granitos, granodioritas; 2. Gneises cuarzo-feldespáticos, esquistos de biotita; 3. Areniscas, limonitas, conglomerados, pizarras, filitas y esquistos; 4. Calizas; 5. Derrames lávicos con depósitos piroclásticos y horizontes tobáceos; 6. Depósitos litorales, arenas; 7. Depósitos detríticos, coluvio-proluviales; 8. Depósitos aluviales, arenas, arcillas.

está intrusionado por granitoides terciarios. Durante recorridos de campo se pudo comprobar que los gneises, al este del poblado de Tierra Colorada, presentan intrusiones de diques paralelos de composición grano-diorítica, fuertemente metamorfoseadas. A su vez, en el tramo de Tierra Colorada al poblado El Tabacal, se presenta una alta densidad de diques y queda expuesta la zona de contacto de los intrusivos sobre el complejo Xolapa. Las rocas ígneas intrusivas que afloran en el área corresponden generalmente a cuerpos de composición ácida, cuyas dimensiones llegan a ser batolíticas; se observan también algunos cuerpos de composición intermedia y algunos diques de composición básica (CFE, 1994). Además de los cuerpos intrusivos de carácter batolítico, existen afloramientos pequeños de cuerpos intrusivos en forma de apófisis, distribuidos irregularmente en toda el área, predominando las granodioritas, las dioritas y los granitos.

Esta situación determina que este terreno tectonoestratigráfico conforma el basamento de la región, tanto por su edad como por su extensión, y sobre todo por la ausencia de un zócalo más antiguo dentro del territorio. Ortega (1981) infiere que el origen del Complejo Xolapa se debe a procesos plutónicos continuos, atribuidos al ascenso y emplazamiento de magmas subcorticales, y a la fusión y migmatización de la corteza, y considera que es parte de una faja de alta presión y temperatura, correspondiendo a las raíces de un antiguo arco volcánico, característico de las regiones orogénicas circumpacíficas.

La formación Chapolapa presenta una secuencia de rocas metamórficas, constituidas por metatobas, metareniscas y metaconglomerados. La posición estratigráfica de esta formación indica una edad del Triásico al Jurásico.

Sobre los complejos intrusivo y meta-

mórfico, sobre todo al norte, se presentan restos de afloramientos de calizas del Cretácico inferior y riolitas del Paleógeno. Estos fragmentos se localizan aislados. En el caso de los paquetes calcáreos que rodean el embalse de la hidroeléctrica La Venta, constituyen escamas de mantos de sobre-corrimiento provenientes del norte (Urbán, comunic. pers.). Son estructuras de tipo anticlinal, de constitución calcárea, que conforman el límite meridional de una serie de plegamientos ubicados en la parte central del estado de Guerrero. Dominan las calizas cretácicas, aunque también se presentan areniscas y conglomerados. A lo largo de la falla La Venta se puede apreciar el acuña-miento de los paquetes calcáreos sobre rocas metamórficas y volcánicas, compuestas por tobas. Dichos paquetes calcáreos suelen transitar de masivos a estratificados. Además de las calizas hay dolomías, y capas de brechas de dolomita y caliza recristalizada, así como horizontes de calcirruditas fosilíferas. Según Fries (1960) la litología y paleontología de la Formación Morelos, responden a un depósito de ambiente de plataforma somera, sin aporte de terrígenos, con alta evaporación y baja circulación, que permitió el depósito de yeso y de los depósitos calcáreos.

El Cenozoico está representado por las formaciones Papagayo y Alquitrán. La primera posee una secuencia de rocas piroclásticas y derrames de composición riolítica, así como lavas de composición andesítica-basáltica. Estas rocas cubren las calizas de la Formación Morelos, las rocas metamórficas de la Formación Chapolapa y al Complejo Xolapa. La Formación Alquitrán posee la misma secuencia de la Formación Papagayo, pero con derrames andesítico-basálticos.

Finalmente, se distribuyen los depósitos cuaternarios, distribuidos en tres principales grupos genéticos: aluviales (a lo largo

del cauce, de las planicies de inundación y del sistema de terrazas acumulativas bajas de los ríos Papagayo y Sabana); lacustres (en sectores de la Laguna de Tres Palos, fundamentalmente hacia su sector sur-oriental); y litorales (constituyendo los cordones litorales, que separan a la Laguna de Tres Palos del Océano Pacífico).

Diferenciación morfotectónica

A efecto de revelar las zonas de debilidad y rasgos estructurales del relieve, se trazaron los resultados de las interpretaciones de los morfoalineamientos y fallas más importantes, lo cual muestra la concentración de litomorfoestructuras circulares en la zona central, motivado por la foliación de los complejos metamórfico y granítico (Figura 4). Las estructuras disyuntivas más importantes, que se observan en el área, fueron clasificadas en cuatro sistemas, que por orden de importancia son los siguientes: E-W (latitudinal y sublatitudinal), NW-SE, NE-SW y N-S.

Las características hipsométricas del relieve, fuertemente controladas por la neotectónica y estos sistemas disyuntivos, reflejan tres núcleos montañosos importantes: la Sierra Cruz de San Miguel-Río Verde, al NW, con altitud entre 1 600 y 2 300 m; el Cerro El Mirador, al NE, con altitud entre 1 200 y 1 600 m; la Sierra La Venta-Alto del Tepehuaje, al centro NE, con altitud entre 600 y 1 200 m, con cimas de hasta 1 600 m; la Sierra de Acapulco, al SW, con altitud entre 600 y 1 200 m; y un pequeño núcleo premontañoso de altitud entre 400 y 800 m, al centro-sureste, denominado Cerro Los Mayos (Figura 1). Hacia el sur se extienden amplias llanuras hasta 200 m de altitud, y de lomeríos entre 200 y 400 m, en la zona central del territorio.

La estructura del área posee un escalonamiento neotectónico, donde se aprecian tres zonas paralelas con diferentes diseños es-

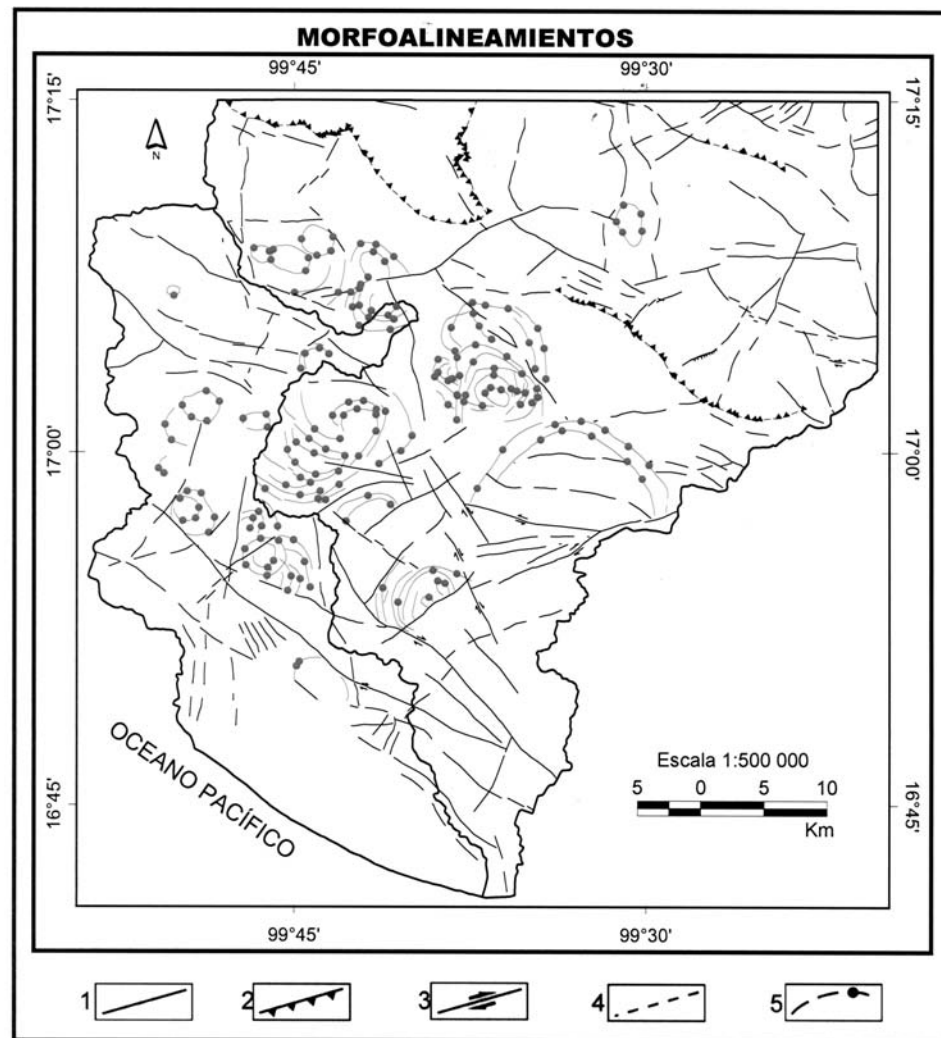


Figura 4. Principales estructuras geológicas del territorio: 1. Fallas por datos geológicos; 2. Fallas inversas; 3. Fallas transcurrentes; 4. Morfoalineamientos; 5. Estructuras circulares.

tracturo-tectónicos y características de su expresión geomorfológica:

- La zona meridional, costera, comprendida entre la costa y el morfoalineamiento Llano de la Puerta-El Zoyamiche-El Embarcadero (sector lineal del río Papagayo)-San Isidro Gallinero, donde

se presentan llanuras planas (sector de llanura acumulativa marina de cordones litorales, que separa a la Laguna de Tres Palos del Océano Pacífico, y el sector de llanura aluvial baja del río Sabana, así como las llanuras bajas onduladas y colinosas, que corta el río Papagayo, antes de arribar a su desembocadura).

- La zona central, de lomeríos y premontañas, donde se presentan fallas longitudinales (SE-NW) y transversales (SW-NE) al eje de la zona de subducción. Algunas de esas fallas han sido propuestas por diferentes autores como transcurrentes o de desplazamiento horizontal, tanto izquierdo como derecho (Consejo de Recursos Minerales, 2000).

Con este carácter geodinámico se distingue el bloque de estructura triangular, limitado por los morfoalineamientos de los Arroyos Apanguaque y Grande, y del propio Papagayo, donde se eleva el Cerro Los Mayos de 680 m de altitud (tipo No. 23 de la Figura 5). Esta zona central se caracteriza, además, por la distribución y la alta densidad de estructuras circulares de foliación que juegan un papel de control estructural-litológico o litomorfo-estructural, como son los casos de Arroyo Grande y de Río Pozuelo.

- La zona montañosa septentrional, situada al norte de la falla de La Venta, compuesta por morfoalineamientos transverso-diagonales a la referida falla. Un elemento disyuntivo notable, reflejado en el relieve, es el morfoalineamiento Barranca Citlalapa-El Ocotillo, también paralelo a la falla de La Venta, pero más al norte.

La conjunción de los sistemas disyuntivos en el desarrollo neotectónico del territorio, caracterizado por ascensos diferenciados, ha determinado un plano morfotectónico complejo, donde intervienen bloques longitudinales escalonados (paralelos al eje de la zona subductiva); bloques alternos en horst y graben relativos; bloques en cuña (triangulares, bajo fuerzas transcurrentes); bloques circulares escalonados y en forma de arco, producto de la foliación, emplazados como anfiteatros (de

carácter litomorfotectónico) y otros.

Desde el punto de vista de los estilos geotectónicos de interacción interbloques, el área de estudio destaca tres grandes zonas, a saber: la meridional, de bloques alternos y escalonados, ocupados por llanuras planas, onduladas y colinosas; la central, de bloques emplazados irregularmente y modificados por el diseño concéntrico y circular de la foliación de los complejos metamórfico y granítico, con morfología de lomeríos o elevaciones y de premontañas; y la septentrional, de montañas medias, al noroeste, y de montañas bajas predominantemente, al noreste. Estos dos últimos conjuntos están separados por el graben Zihuazaloya (al SE de Tierra Colorada)-Las Garrapatas-El Ocotillo, de dirección nortesur.

En el extremo noreste se aprecian estructuras morfotectónicas paralelas, de montañas sobre bloques irregulares, representadas por el Cerro del Tepehuaje y del Ejido El Tepehuaje, al norte de la Falla de La Venta, y las del Cerro El Mirador-El Ocotillo, en el límite nororiental del área.

Formación y consolidación del plano morfoestructural actual

Para comprender la morfoestructura del territorio y su desarrollo es imprescindible el conocimiento y la interpretación sintética sobre la evolución geológica, donde están implícitos tanto los cambios significativos geólogo-geomorfológicos para períodos relativamente breves, como de la tendencia de los movimientos tectónicos en amplios períodos. Según varios autores, los primeros eventos tectónicos del territorio se registraron entre el Proterozoico tardío hasta el Paleozoico medio, cuando las rocas del basamento de los complejos paleozoicos Xolapa y Acatlán fueron emplazadas y posteriormente sometidas a un metamorfismo regional diferencial.

A partir del Cretácico tardío se desarrollaron los esfuerzos compresivos de la Orogenia Laramide, que plegó, falló y levantó la columna de rocas existentes, mediante esfuerzos dirigidos aparentemente de norte a sur. Uno de los vestigios en el área estudiada son las escamas de sobre-corrimiento más meridionales de este proceso, asociados al frente de falla La Venta.

El Mioceno tardío marcó evidencias de nuevos esfuerzos compresivos y emplazamientos de rocas ígneas, determinando una fuerte fracturación del basamento preexistente.

De acuerdo con la posición del terciario continental en las morfoestructuras montañosas del vecino estado de Oaxaca, a altitud superior a los 2 000-2 500 m (Hernández *et al.*, 2001), durante el Neógeno, son una regularidad las relaciones concordantes, de reactivación de las unidades iniciales, en conformidad con sus límites y estilos tectónicos. Esta etapa puede considerarse como la geomorfológica del desarrollo del relieve actual.

Para esta región, la edificación neotectónica (Mioceno-Cuaternario) es realmente una reconstrucción y un reordenamiento de la paleomorfoestructura. El cuadro se caracteriza por morfoestructuras discordantes (positivas y negativas), no heredadas o cuanto más, parcialmente reactivadas respecto al plano morfoestructural antiguo, lo cual es un reflejo de los cambios significativos en el régimen de los movimientos tectónicos relacionados con la zona de subducción y su papel en el reajuste de la corteza terrestre.

Para este territorio, los levantamientos estructuro-geomorfológicos realizados (morfoalineamientos, morfotectónica, morfoestructuras y deformaciones tectónicas de los niveles geomorfológicos) complementaron la información mínima referente al plano de la morfoestructura

actual. El conjunto de la información referida permitió la sistematización en el estudio de clasificación morfoestructural, con un enfoque de su desarrollo histórico (Figura 5).

Finalmente, se puede resumir que los acontecimientos geólogo-geomorfológicos, a partir del Mioceno medio-tardío y principalmente durante el Mioceno tardío y el Plioceno, muestran las fases de consolidación y el desarrollo primario de la morfoestructura actual.

Estilo tectónico y litomorfoestructura

La expresión superficial de la tectónica de bloques formó el plano de las morfoestructuras activas. A partir del surgimiento de estas morfoestructuras, la denudación selectiva generó, bajo el control litoestructural, el plano de las morfoestructuras pasivas, las unidades de orden inferior (litomorfo-estructuras). Estas últimas unidades se reflejan en las estructuras circulares, producto de la foliación de los granitoides y del zócalo metamórfico, fundamentalmente en la zona central de las cuencas, ocupada por premontañas y lomeríos.

Para la definición del plano de las morfoestructuras activas de este territorio, los términos "horst y graben" resultan insuficientes. Si se considera la configuración geométrica y las alturas relativas del conjunto de bloques, aparecen con claridad unidades conformadas por estilos tectónicos diferentes, cuyos límites consisten en deformaciones disyuntivas notables.

Así, por ejemplo, en el levantamiento morfoestructural del estado de Oaxaca (Hernández *et al.*, 2001), se identificaron subconjuntos de bloques, que integran sistemas diferenciados por su estilo tectónico específico. Estas comunidades de bloques fueron categorizados por Hernández *et al.*

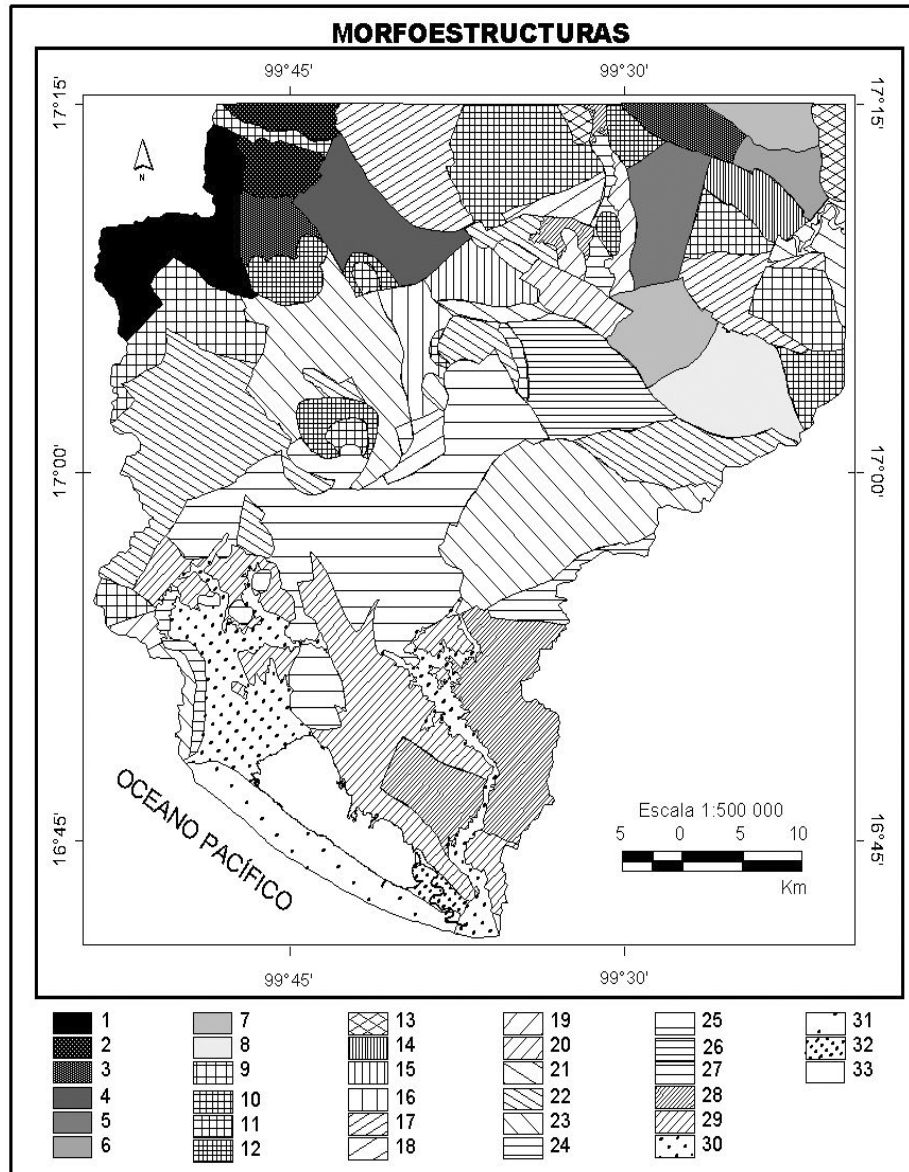


Figura 5. Morfoestructuras de los tercios medio e inferior de la cuenca hidrográfica del río Papagayo y de la cuenca del río Sabana, estado de Guerrero (véase leyenda).

Leyenda de la Figura 5. Mapa morfoestructural de los tercios medio e inferior del río Papagayo y de la cuenca del río Sabana, estado de Guerrero, México (clasificación geomorfológica (tipológica) de la expresión estructuro-geológica en el relieve moderno del territorio).

MORFOESTRUCTURAS DE TERRENOS TECTOESTRATIGRÁFICOS PALEO-MESO-CENOZOICOS EN ZONA DE SUTURA SUBDUCTIVA DE TRANSICIÓN MARGINAL ENTRE PLACAS CONTINENTAL Y OCÉANICA (NORTEAMERICANA Y COCOS SUR).

I. Basamentos geológicos: A. Complejo metamórfico paleozoico (gneises cuarzo-feldespáticos y pelíticos, esquistos de biotita y migmatitas del complejo xolapa); B. Complejo sedimentario plegado mesozoico (areniscas, limolitas, conglomerados, tobas, pizarras, filitas y esquistos de la formación chapolapa del triásico; y calizas y dolomías de la formación morelos del cretácico inferior); C. Complejo intrusivo mesozoico (granitos, granodioritas, tonalitas y cuarzo-monzonitas); D. Complejo volcánico cenozoico (derrames lavílicos con depósitos piroclásticos de composición riolítica de la formación papagayo del mioceno-plioceno); E. Complejos sedimentarios subhorizontales y caóticos de las cuencas cuaternarias (depósitos detríticos coluvio-proluviales; depósitos areno-arcillosos aluviales y depósitos arenosos litorales).

II. Grado de reelaboración morfoestructural o del modelado exógeno del relieve: carácter litomorfo-estructural: a. Relieve denudativo-tectónico, formado sobre complejos metamórficos muy disecionados; b. Relieve estructuro-denudativo, formado sobre complejos carbonatados y calcáreos con expresión de "blindaje litológico"; c. Relieve denudativo-tectónico, formado sobre complejos intrusivos, terrígenos y volcánicos disecionados; d. Relieve erosivo-acumulativo, de depósitos aluviales jóvenes sobre basamentos antiguos, formado por procesos erosivos, gravitacionales y acumulativos en cuencas intramontanas y costeras; e. Relieve transgresivo-litoral, formado por procesos fluviales, marinos y palustres en cuencas costeras.

III. Categorías básicas del relieve:

Montañas medias ($1\ 200 < h \leq 2\ 260$ m), montañas bajas ($800 < h \leq 1\ 200$ m), premontañas ($400 < h \leq 800$ m), elevaciones ($220 < h \leq 400$ m), llanuras costeras ($h \leq 220$ m).

IIIa. Montañas (formadas en regiones de intensos movimientos neotectónicos del N_1^{2-3} - Q).

Montañas medias ($1\ 200 < h \leq 2\ 260$ m), consolidadas en el N_1^{2-3} - Q.

C.c.1. Masivas, formadas sobre rocas graníticas mesozoicas (granitos y granodioritas) de composición ácida a media, en ocasiones con fragmentos de afloramientos de formaciones terrígenas triásicas en cúspides montañosas aisladas, en sistema escalonado de bloques; **A.a.2.** Masivas, formadas sobre rocas metamórficas paleozoicas (gneises y esquistos), con fuertes planos de esquistosidad, en sistema escalonado de bloques; **C.c.3.** Masivas, formadas sobre rocas graníticas mesozoicas (granitos y granodioritas) de composición ácida a media, en sistema escalonado de bloques; **A.a.4.** Masivas, formadas sobre rocas metamórficas paleozoicas (gneises y esquistos), con fuertes planos de esquistosidad, con afloramientos graníticos en fragmentos de crestas axiales, en sistema escalonado de bloques; **C.c.5.** Masivas, formadas sobre rocas graníticas mesozoicas (granitos y granodioritas) de composición ácida a media, en ocasiones con fragmentos de afloramientos del complejo metamórfico, en sistema irregular de bloques escalonados; **B.c.6.** De bloques en plegamientos y monoclinales, sobre rocas terrígenas triásicas (areniscas, limolitas, conglomerados, tobas, pizarras, filitas y esquistos), en sistema irregular de bloques escalonados; **B.b.7.** De bloques en plegamientos, en secuencias calcáreas del Cretácico inferior, fuertemente karstificadas, en sistema de bloques escalonados; **B.c.8.** De bloques en plegamientos y monoclinales, sobre rocas terrígenas triásicas (areniscas, limolitas, conglomerados, tobas, pizarras, filitas y esquistos), con afloramientos de rocas calcáreas en cimas y

de los complejos intrusivo y metamórfico, en sistema irregular de bloques escalonados.

Montañas bajas ($800 < h \leq 1\,200$ m), consolidadas en el N_1^3 - Q.

C.c.9. Masivas, formadas sobre rocas graníticas mesozoicas (granitos y granodioritas) de composición ácida a media, en ocasiones con fragmentos de afloramientos del complejo metamórfico, en sistema irregular de bloques escalonados; **A.a.10.** Masivas, formadas sobre rocas metamórficas paleozoicas (gneises y esquistos), con fuertes planos de esquistosidad, con afloramientos graníticos en fragmentos de crestas axiales y en laderas, en sistema escalonado de bloques; **A.a.11.** Masivas, formadas sobre rocas metamórficas paleozoicas (gneises y esquistos), con fuertes planos de esquistosidad, en sistema escalonado de bloques y en litoestructuras circulares; **C.c.12.** Masivas, formadas sobre rocas graníticas mesozoicas (granitos y granodioritas) de composición ácida a media, en sistema escalonado de bloques, ocasionalmente ocupando litoestructuras circulares; **B.b.13.** De bloques en plegamientos, en secuencias calcáreas del Cretácico inferior, fuertemente karstificadas, en sistema de bloques escalonados; **B.c.14.** De bloques en plegamientos y monoclinales, sobre rocas terrígenas triásicas (areniscas, limolitas, conglomerados, tobas, pizarras, filitas y esquistos), con afloramientos de los complejos intrusivo y metamórfico, en sistema irregular de bloques escalonados; **D.c.15.** De bloques, sobre derrames lavílicos con depósitos piroclásticos de composición riolítica, con afloramientos aislados del complejo metamórfico, en sistema de bloques escalonados; **C.c.16.** De bloques, sobre rocas graníticas mesozoicas (granitos y granodioritas) de composición ácida a media, con afloramientos de derrames lavílicos con depósitos piroclásticos de composición riolítica y del complejo metamórfico, en sistema irregular de bloques escalonados.

Premontañas ($400 < h \leq 800$ m), consolidadas en el N_2 - Q.

C.c.17. Masivas, formadas sobre rocas graníticas mesozoicas (granitos y granodioritas) de composición ácida a media, en ocasiones con fragmentos de afloramientos del complejo metamórfico, en sistema irregular de bloques escalonados; **A.a.18.** Masivas, formadas sobre rocas metamórficas paleozoicas (gneises y esquistos), con fuertes planos de esquistosidad, con afloramientos graníticos en fragmentos de crestas axiales y en laderas, en sistema escalonado de bloques; **C.c.19.** Masivas, formadas sobre rocas graníticas mesozoicas (granitos y granodioritas) de composición ácida a media, en ocasiones con fragmentos de afloramientos del complejo metamórfico, en sistema irregular de bloques escalonados, ocupando la periferia de estructuras de graben; **B.b.20.** De bloques en plegamientos, en secuencias calcáreas del Cretácico inferior, fuertemente karstificadas, en sistema de bloques escalonados; **B.c.21.** De bloques en plegamientos y monoclinales, sobre rocas terrígenas triásicas (areniscas, limolitas, conglomerados, tobas, pizarras, filitas y esquistos), en ocasiones con fragmentos de afloramientos de rocas calcáreas y volcánicas, en sistema irregular de bloques escalonados y en litoestructuras circulares; **A.a.22.** Masivas, formadas sobre rocas metamórficas paleozoicas (gneises y esquistos), con fuertes planos de esquistosidad, en sistema escalonado de bloques y en litoestructuras circulares; **C.c.23.** Masivas, formadas sobre rocas graníticas mesozoicas (granitos y granodioritas) de composición ácida a media, en sistema irregular de bloques escalonados.

IIIb. Lomeríos (formados en regiones de moderados movimientos neotectónicos del N_2^3 - Q).

C.c.24. Masivos, formados sobre rocas graníticas mesozoicas (granitos y granodioritas) de composición ácida a media, en sistema irregular de bloques escalonados; **A.a.25.** Masivos, formados sobre rocas metamórficas paleozoicas (gneises y esquistos), con fuertes planos de esquistosidad, en sistema escalonado de bloques y en litoestructuras circulares; **A.a.26.** Masivos, formados sobre rocas metamórficas paleozoicas (gneises y esquistos), con fuertes planos de esquistosidad, con afloramientos graníticos en fragmentos de crestas axiales y en laderas, en sistema escalonado de bloques; **E.d.27.** Caóticos, formados sobre depósitos gravitacionales (gneises y esquistos), ocupando escalones inferiores en sistema escalonado de bloques.

IIIc. Sistemas escalonados de llanuras y de terrazas (formadas en estructuras de graben y valles de falla, involucradas en los ascensos montañosos neotectónicos intensos del N_1^3 - Q; y en regiones costeras transgresivas de débiles ascensos y descensos neotectónicos del N_2^3 - Q).

A.a.28. Masivas, formadas sobre rocas metamórficas paleozoicas (gneises y esquistos), con fuertes planos de esquistosidad, con afloramientos graníticos, en sistema escalonado de bloques; **A.a.29.** Masivas, formadas sobre rocas metamórficas paleozoicas (gneises y esquistos), con fuertes planos de esquistosidad, en sistema escalonado de bloques y en litomorfoestructuras circulares; **E.d.30.** En zócalo no consolidado, de sedimentos aluviales cuaternarios, constituidos por guijarros, arenas y arcillas, en depresiones intramontanas de graben, de falla, de contacto y litólogo-estructurales complejas; **E.e.31.** En zócalo no consolidado, de sedimentos litorales cuaternarios constituidos por arenas; **E.e.32.** En zócalo no consolidado, de sedimentos lacuno-palustres holocénicos, constituidos por arenas, arcillas y limos, en depresiones paradeltaicas.

(1994) a partir del estudio del territorio nororiental cubano, como sistemas tridimensionales de relaciones interbloques y representan una nueva categoría morfoestructural para el estudio neotectónico de regiones montañosas. Algunos de esos sistemas de estilo tectónico diferente fueron detectados, identificados, clasificados y cartografiados durante el levantamiento topológico de las morfoestructuras del área de estudio.

Para designar los estilos tectónicos, se estudió el desarrollo de las morfoestructuras y algunos elementos estructurales en las direcciones transversal y longitudinal de las unidades morfotectónicas, su configuración planimétrica y las alturas relativas entre los bloques. Como resultado de este análisis morfoestructural, se pudieron encontrar los estilos tectónicos siguientes: sistema irregular de bloques (morfoestructuras montañosas del NE); sistema de horst triangulares escalonados, en transurrencias (localidad del Cerro Los Mayos); sistema isométrico de bloques escalonados (morfoestructuras montañosas del NW); sistema asimétrico alterno de horst y graben (localidades de Cerro de Piedra-Tejoruco-Tamarindillo-Campanario, en las llanuras escalonadas del SE); sistema de bloques escalonados en litomorfoestructuras circulares (en la localidad de Sabanilla); siste-

ma de litomorfoestructuras circulares en bóveda (al NW de los Órganos de J. R. Escudero), entre otros.

Estos sistemas tectónicos componen la tectomorfoestructura del área de estudio, reflejada también en el mapa morfotectónico, cuyo campo contiene una variedad de formas del relieve. Esta diferenciación interna de las morfoestructuras activas se vincula al desarrollo del campo morfoescultural, que está integrado por antiguas superficies marinas, actualmente denudadas y erosionadas, que ocupan los escalones de lomeríos y premontañas; superficies denudativas en los restos de planación, que están en las cúspides montañosas actuales del relieve; niveles de origen fluvial, desarrolladas a lo largo de los valles y representados por los niveles erosivos altos ("colgados") dentro de los valles, las terrazas erosivas y acumulativas y los planos de inundación alto y bajo, como ocurre con los ríos Papagayo y Sabana, fundamentalmente; las fluvio-marinas, ocupan la interfase tierra-océano, en las inmediaciones de la Laguna de Tres Palos, donde existen llanuras acumulativas marinas en forma de cordones litorales, pero que transitan gradualmente al norte en una combinación de sedimentos de origen marino y fluvial, hasta las llanuras bajas de los ríos Sabana, al oeste, y del Papagayo, al este; las gravitacionales, en forma de

conos de taludes, de cuerpos de antiguos y actuales deslizamientos, como ocurre en el lado occidental del embalse de La Venta y al este de la Sierra de Acapulco; y las kársticas, muy restringidas, ocupando las cimas de los "sombreros calcáreos" de la Formación Morelos, en los alrededores de la falla de La Venta y del embalse homónimo, así como hacia el NE del territorio.

Estas últimas formas están en un estado moderado de desarrollo, pues la disolución kárstica, a través de fallas y grietas, no ha logrado alcanzar el nivel de base, con la formación de abras. Sin embargo, entre estos complejos genéticos de superficies (con sus formas individuales) y las unidades activas ya citadas, se distinguen otros grupos de formas de orden intermedio, que están determinadas por la diferenciación exógena de las litoestructuras inertes durante toda la etapa morfogenética ($N_1 - Q_{IV}$).

Se considera que este grupo de formas de orden intermedio se corresponde con el plano de las morfoestructuras pasivas o de las litomorfoestructuras, cuyo levantamiento se apoya en el estudio de la relación entre el relieve y la estructura geológica. Los complejos litológicos y elementos litoestructurales, que condicionaron esta diferenciación en el relieve del territorio son:

-Complejos carbonatado y metacarbo-

natado.
Comprende las secuencias de rocas sedimentarias y metamórficas, predominantemente carbonatadas, de los pisos estructurales del basamento mesozoico, representado por la Formación Morelos del Cretácico inferior y parte del superior. Especial interés tienen sus estructuras específicas, cuya expresión superficial define el relieve estructurodenudativo, que complica a las morfoestructuras activas o tectomorfoestructurales (unidades estructurales del relieve formadas

por la acción predominante de las deformaciones tectónicas disyuntivas o plicativas), aunque en el área de estudio predominan las primeras. Dentro del complejo de formas del relieve litoestructural o estructurodenudativo tienen particular relevancia, por su distribución restringida y su expresión geomorfológica, las cumbres coronadas y los "sombreros estructurales".

Por otra parte, los cambios bruscos de la textura del relieve (configuración individual y general, densidad y morfología de la red de drenaje de órdenes inferiores) están definidos por el contraste existente entre los complejos de rocas deleznales (terrágenas clásticas y metaterrígenas) y estos complejos de rocas resistentes (calcáreas). Las estructuras pasivas, manifestadas en el relieve de diverso modo, consisten en fracturas antiguas, monoclinales de variado buzamiento, así como estructuras plegadas, que pueden alcanzar gran complejidad en las calizas del Cretácico inferior-medio, como la Formación Morelos (Figura 6). Estas formas litoestructurales constituyen sombreros y cumbres blindadas, que morfológica y evolutivamente conforman un relieve de tipo mesiforme.

- Complejos terrígeno y metaterrígeno.

Comprende las secuencias rocosas metamórficas y los cuerpos intrusivos del territorio. Las estructuras son extremadamente complejas, foliadas y fracturadas, y en combinación.

La expresión superficial de estas unidades estructuro-faciales define el relieve denudativo-tectónico (donde en su modelado predomina la erosión y la denudación sobre la componente tectónica), que al igual que el estructurodenudativo (en su modelado ejerce un mayor papel la litología y la estructura geológica, sobre la erosión y la denudación) en rocas carbonatadas,

complica las morfo-estructuras activas. El paso a este relieve denudativo-tectónico se caracteriza por un aumento de la disección vertical, con la formación o expansión del barrancamiento y de un cambio en la morfología, de la morfometría y de la configuración general de los valles de orden inferior.

Las zonas más activas tectónicamente, re-conocen grandes contrastes en el relieve, como es la zona de articulación entre las montañas escalonadas de bloques en plegamientos calcáreos (Sierra de La Venta; Figura 6), y de bloques en plegamientos y monoclinales (Alto del Tepehuaje), por el norte; las premontañas masivas (graníticas) de sistema irregular de bloques, donde se destaca el horst triangular Cerro Los Mayos, por el este, y las premontañas de Dos Arroyos-Los Huajes, ocupando gran parte de los ejidos homónimos.

CONCLUSIONES

El plano morfoestructural de las cuencas hidrográficas de los ríos Papagayo y Sabana se formó durante la etapa neotectónica (N-Q) del desarrollo del relieve, en un diseño de bloques positivos y negativos, que han heredado la estructura interna de los diferentes complejos litológicos presentes y de sus deformaciones tectónicas antiguas, determinando la presencia de morfoestructuras masivas, sobre basamento granítico; morfoestructuras de bloques en plegamientos y monoclinales sobre rocas terrígenas y mantos calcáreos; morfoestructuras caóticas sobre depósitos gravitacionales; morfoestructuras en depósitos jóvenes no consolidados; y otros tipos.

La neotectónica ha sido diferenciada, determinando diferentes ascensos durante



Figura 6. Vista transversal aérea (NW-SE) del horst premontañoso kárstico-gravitacional de la Sierra La Venta (en primer plano) y de las montañas medias del Alto del Tepehuaje (al fondo). Obsérvese la escarpada tectónica de la falla La Venta, perpendicular a la foto, controlando ambas morfoestructuras.

la etapa, que determinan un complicado mosaico de diversos estilos de fracturamiento, sobre los cuales se sobreponen los diseños de las foliaciones graníticas y metamórficas, como expresión tectónicamente pasiva de la litología. La notable transformación neotectónica del territorio de estas cuencas hidrográficas y la heterogeneidad litoestructural de las formaciones geológicas constituyen el proceso y la condición fundamentales de las relaciones espaciales entre la morfoestructura activa (tectomorfoestructura, con predominio tectónico de formación del relieve) y pasiva (litomorfoestructura, con predominio litológico de formación del relieve). Dichas relaciones se manifiestan en la sobreposición areal de estas componentes en su desarrollo.

Las superficies de planación, como relictos de antiguas etapas de estabilidad tectónica, reflejan los escalones morfoestructurales siguientes: (1 300 a 2 260 m de altitud), montañas bajas (800 a < 1 300 m), premontañas (400 a < 800 m), lomeríos (220 a < 400 m), y llanuras costeras (< 220 m). Sobre este espectro heterogéneo, desde el punto de vista litológico y estructural, se consolidaron las diferentes unidades morfoestructurales.

La existencia del Terciario a altitudes superiores a los 2 000 m, en las proximidades de ambas cuencas, establece el límite cronológico inferior de la formación y consolidación de las morfoestructuras en el Mioceno medio-superior, y el superior hasta el reciente. En general, los escalones montañosos y premontañosos poseen edades entre el Mioceno medio-superior y el Plioceno, respectivamente; mientras los lomeríos y las llanuras sugieren edades entre el Plioceno superior y el Cuaternario. Estos elementos establecen criterios válidos para la reconstrucción evolutiva del relieve del área.

La tipología estructuro-geomorfológica arrojó la presencia de 32 tipos de mor-

foestructuras, ocho en montañas medias, ocho en montañas bajas, siete en premontañas, cuatro en lomeríos y cinco en llanuras, desarrolladas en cinco basamentos geológicos con cuatro niveles de expresión litomorfoestructural. Estos bloques morfoestructurales encuentran relación en varias comunidades geotectónicas de interrelación interbloques neotectónicos: sistema irregular de bloques; sistema de horst triangulares escalonados, en transurrencias; sistema isométrico de bloques escalonados; sistema asimétrico alterno de horst y graben; sistema de bloques escalonados en litomorfoestructuras circulares; sistema de litomorfoestructuras circulares en bóveda, entre otros.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer la colaboración de la M. en C. Ana Patricia Méndez Linares y de Manuel Figueroa Mah-Eng, por el procesamiento tecnológico y preparación cartográfica de los mapas de localización geográfica, geológico, de morfoalineamientos y de morfoestructuras, a escala 1: 100 000, y de su versión como figuras de este trabajo, así como de la columna geológica de los tercios medio e inferior de las cuencas hidrográficas.

REFERENCIAS

- CFE (1985), *Mapa geológico del área de influencia del embalse de la hidroeléctrica La Parota*, escala 1: 65 000, Cuernavaca, 1 hoja.
- CFE (1994), *Manifestación de impacto ambiental, modalidad específica, P.H. La Parota, Guerrero*, Subdirección de Construcción, Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos, Gerencia Técnica de Proyectos Hidroeléctricos, Subgerencia de Anteproyectos, Informes, planos y mapas.
- CRM (2000), *Carta geológico-minera a escala 1: 250 000, Hojas E14 - 8 (Chilpancingo) y E14 -*

- 11 (Acapulco), Consejo de Recursos Minerales, México.
- De Cserna, Z. (1965), "Reconocimiento geológico de la Sierra Madre del Sur de México, entre Chilpancingo y Acapulco, estado de Guerrero", *Boletín*, vol. 62, Instituto de Geología, UNAM, pp. 1-77.
- Díaz Díaz, J. L., J. R. Hernández Santana, A. H. Portela Peraza *et al.* (1989), "Morfoestructuras", en *Nuevo Atlas Nacional de Cuba*, Sección Relieve, cuadernillo IV.3.1, mapa 8, Instituto Geográfico Nacional de España, Madrid.
- Fries, Jr. (1960), "Geología del estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, región central-meridional de México", *Boletín*, vol. 73, Instituto de Geología, UNAM, pp. 57-133.
- Guerasimov, I. P. (1986), *Problemas de geomorfología global: geomorfología actual y teoría del moviismo en la historia geológica de la Tierra* (en ruso), Ed. Nauka, Moscú.
- Hernández Santana, J. R., M. A. Ortiz Pérez, A. R. Magaz García, J. L. Díaz Díaz y J. J. Zamorano Orozco (1994), "Estilos geotectónicos bidimensionales y tridimensionales interbloques: una nueva categoría neotectónica para la determinación de morfoestructuras montañosas", *Investigaciones Geográficas*, núm. 28, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 9-32.
- Hernández Santana, J. R., A. R. Magaz García, M. A., Ortiz Pérez y J. J. Zamorano Orozco (1995), "Clasificación morfoestructural (tipológica) y morfotectónica (regional) del relieve oriental cubano: modelo insular de transición interplacas", *Investigaciones Geográficas*, núm. especial 3, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 13-35.
- Hernández Santana, J. R., M. A. Ortiz Pérez y J. J. Zamorano Orozco (1996), "Regionalización morfoestructural de la Sierra Madre del Sur, México", *Investigaciones Geográficas*, núm. 31, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 45-67.
- Hernández Santana, J. R. y M. A. Ortiz Pérez (2001), *Morfoestructuras del estado de Oaxaca*, a escala 1: 500 000, Instituto de Geografía, UNAM, México.
- INEGI (1995), *Fotografías aéreas pancromáticas* a escala 1:75 000, Sistema SINFA, México.
- INEGI (1998), *Cartas topográficas digitales*, a escala 1: 50 000, Hojas E14C57 (Acapulco) y E14C58 (San Marcos), México.
- INEGI (2001), *Cartas topográficas digitales*, a escala 1: 50 000, Hojas E14C47 (Xaltianguis) y E14C48 (Tierra Colorada), México.
- INEGI (2002), *Carta topográfica digital*, a escala 1: 50 000, Hoja E14C68 (Llano La Puerta), México.
- Ortega-Gutierrez, F. (1978), "Estratigrafía del Complejo Acatlán en la Mixteca baja, estados de Puebla y Oaxaca", *Boletín*, vol. 2:2, Instituto de Geología, UNAM, pp. 112-131.
- Ortega-Gutiérrez, F. (1981), "Metamorphic Belts of Southern Mexico and their Tectonic Significance", *Geofísica Internacional*, v. 20, 3:177-202.
- Sedlock, R. L., F. Ortega-Gutiérrez and R. C. Speed, (1993), *Tectonostratigraphic terranes and tectonic evolution of Mexico*, Geological Society of America, Special Paper 278.