

REGIONALIZACIÓN MORFOESTRUCTURAL DE LA SIERRA MADRE DEL SUR, MÉXICO*

José R. Hernández Santana**

Mario A. Ortiz Pérez***

José J. Zamorano Orozco***

Resumen

Mediante un enfoque genético y geomorfológico regional, y con el empleo de los métodos del análisis morfoestructural se fundamenta la regionalización del relieve de la zona de sutura de transición marginal interplacas oceánica-continental Cocos-Norteamericana, y se establecen sus tres categorías fundamentales: unidades territoriales (macrobloques, mesobloques, bloques); zonas de morfoalineamientos longitudinales y transverso-digonales (primero, segundo y tercer rango), y nudos morfoestructurales. En su territorio se destacan nueve macrounidades: Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero Occidental, Guerrero Oriental, Oaxaca Occidental, Oaxaca Oriental, Tehuantepec y Chiapas.

El estudio correlativo geólogo-geomorfológico reveló el carácter longitudinal de las unidades septentrionales (Jalisco a Guerrero Occidental) y el diseño rotacional de las centrales (Oaxaca Occidental y Oaxaca Oriental), bajo el predominio del mecanismo geotectónico subductivo Cocos-Norteamérica, así como el modelo transpresivo transversal de Tehuantepec y longitudinal de Chiapas, al Sur, en la junta triple interplacas Cocos-Norteamericana-Caribe, bajo la acción de la subducción y de las deformaciones transcurrentes de la sutura transformante de izquierda Caribe-Norteamericana.

Summary

Using an genetic and regional geomorphological approach and using the methods of morphostructural analysis in established the relief's regionalization of the oceanic-continentl interplate marginal transitional suture zone Cocos-North America, divided into territorial units (macroblocks, mesoblocks, blocks), morphostructural alignments (first, second and third rank) and morphostructural knots. As a first result, the territory of Sierra Madre del Sur has nine macrounits: Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero occidental, Guerrero oriental, Oaxaca occidental, Oaxaca oriental, Tehuantepec and Chiapas.

The geologo-geomorphological correlative study revealed the longitudinal character of the northern units (Jalisco to Guerrero occidental) and the ratational outline of the central part (Oaxaca occidental and Oaxaca oriental), as well as the transversal transpresive model of Tehuantepec and longitudinal of Chiapas, to the South, just in the interplate triple joint Cocos-North America, under the subductive geotectonic mechanism and the left-flatted lateral movement deformations of the Caribe-Borth America interplate suture zone.

* Recibido: 29 de noviembre de 1994.

** Instituto de Geografía Tropical, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba, La Habana, Cuba.

*** Instituto de Geografía. UNAM.

Introducción

La determinación de las regularidades generales, regionales y locales de los procesos geodinámicos de la corteza terrestre, fundamentalmente a lo largo de las zonas de articulación interplacas e intraplacas, constituye una de las principales direcciones teórico-metodológicas y objetivos, de carácter aplicado, de las investigaciones geocientíficas de los territorios sensibles a sus manifestaciones, tanto endógenas como de repercusión exógena, y en primer lugar, aquéllas de tipo catastrófico, desarrolladas en cortos periodos de tiempo y bajo la acción de grandes liberaciones de energía.

En los últimos años se ha comprobado que el estudio de la estructura y dinámica litosférica alcanza verdadera objetividad y notable exactitud, si en su contenido participan integral y multidisciplinariamente todos los métodos desarrollados por las geociencias contemporáneas.

Actualmente la **geomorfología estructural** aporta considerables elementos y evidencias sobre la organización geométrica espacial de la corteza terrestre, mediante las deformaciones tectónicas en la expresión de su faz externa —el relieve. En este sentido, especial alcance poseen las investigaciones morfotectónicas y morfoestructurales, tanto tipológicas como regionales pues nos ofrecen los rasgos más activos de la diferenciación territorial de la tectonósfera, a través de indicadores estructurales, morfocronogenéticos y dinámicos del relieve de la superficie terrestre.

Para alcanzar este objetivo, es importante revelar las zonas de esfuerzo litosférico (zonas de inestabilidad geotectónica y contraste geomorfológico, con frecuentes liberaciones endoenergéticas), determinando los ejes lineales de anomalías de los campos geofísicos (gravimétrico, geomagnético, del flujo calórico y otros), del mosaico geotectónico activo y su expresión geomorfológica “viva” y contraste, así como sus correlaciones estrechas con las manifestaciones rápidas y lentas de la endo-exodinámica reciente de la corteza terrestre y del relieve respectivamente. Al mismo tiempo, es necesario examinar las diferencias estructurales de las unidades territoriales limitadas por ellas, tanto del comportamiento de sus parámetros geofísicos, de sus tipos y espesores de la corteza terrestre, de sus unidades geotectónicas, de los rasgos morfológicos y cronogenéticos de su relieve, y fundamentalmente de las deformaciones tectónicas de sus niveles geomorfológicos (superficies de planación o nivelación de tipo areal, lineal y puntual; terrazas marinas, fluviales, fluviomarina; y otros tipos genéticos de superficies geomorfológicas horizontales y subhorizontales).

Con este enfoque analítico y complejo de las regularidades espacio-temporales, entre las acciones endógenas de la litósfera y las reacciones exógenas de las restantes esferas geográficas (atmósfera, hidrosfera, biosfera, noosfera) sobre el relieve terrestre, se determinan los rasgos planetarios, regionales y locales del mosaico activo de la corteza

terrestre, expresado claramente en su “membrana” geomorfológica, más sensible a sus deformaciones comprensivas y distensivas.

En la primera etapa del proyecto de investigación mexicano-cubano “Genésis, evolución y dinámica de geocatástrofes en regiones geográficas de alta energía: el trópico interplacas americano”, se pretende aplicar el referido enfoque para la determinación del plano morfotectónico y morfoestructural del cuadrante suroccidental de la placa continental Norteamericana en interacción con las placas oceánicas Cocos (mecanismo subductivo) y Caribe (mecanismo transformante), representado por las zonas de sutura de la Trinchera (Fosa) Mesoamericana - Sierra Madre del Sur y Trinchera (Fosa) de Barlett (Caimanes) - Dorsal submarina de las Islas Caimán y Cuba Oriental (**Figura 1**).

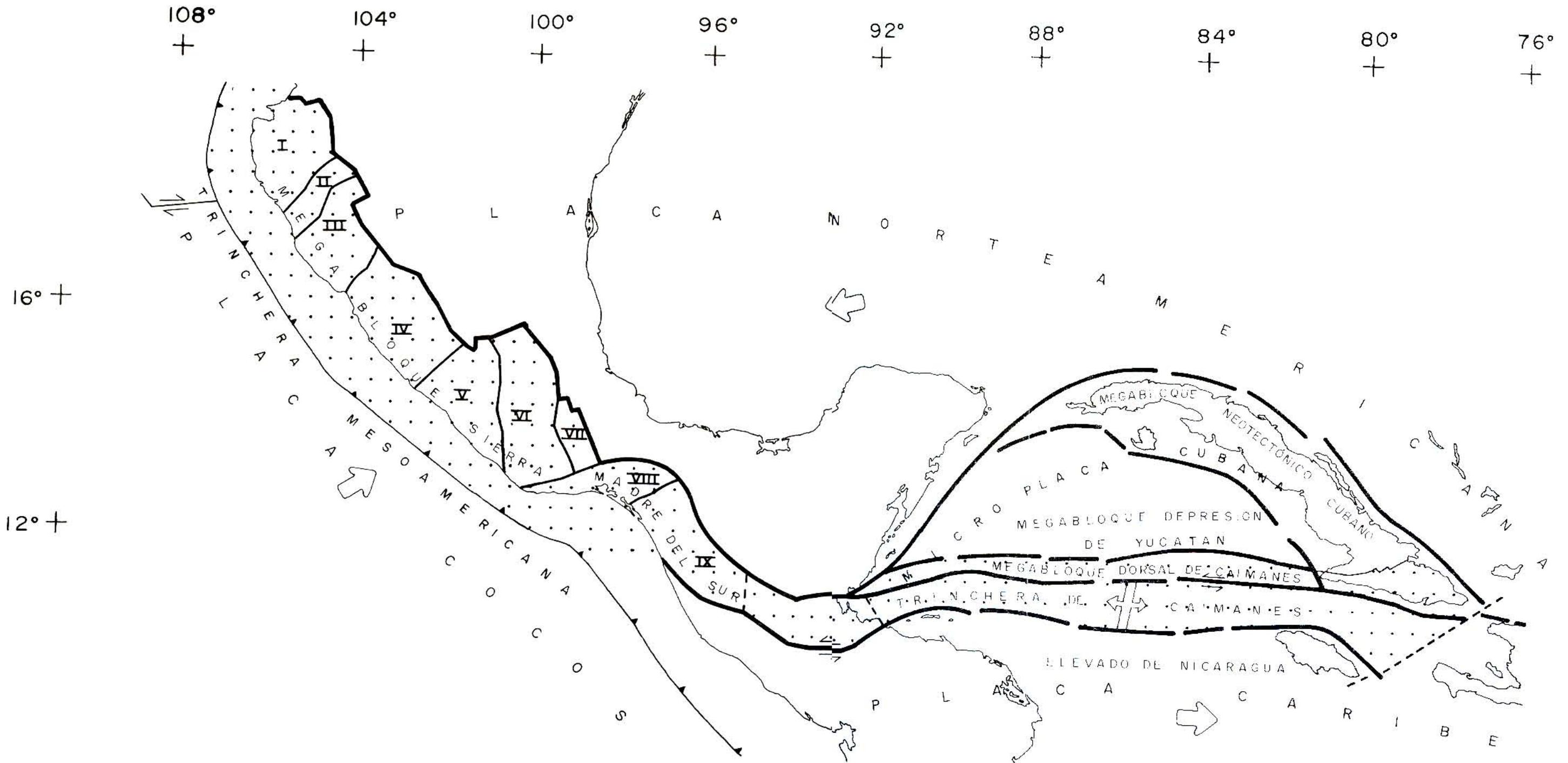
En este artículo se ofrecen los primeros resultados sobre la diferenciación morfoestructural de la Sierra Madre del Sur y se brindan algunos conceptos en la clasificación de sus unidades, asimilando y modificando algunas de las experiencias obtenidas en las investigaciones estructurales-geomorfológicas del relieve cubano, fundamentalmente de su extremo oriental.

Evolución geotectónica general

Uno de los territorios de mayor complejidad estructuro-geológica y menos estudiado del margen continental pacífico americano lo constituye la Sierra Madre del Sur, compuesta, por la conjugación de diferentes dominios tectónicos, acrecionados en diversas etapas, a lo largo de la sutura subductiva interplacas Cocos-Norteamericana. El relieve que compone la Sierra Madre del Sur, atestigua su compleja historia geológica que inicia en el precámbrico (Maldonado-Koerdell, 1970), y se continúa hasta el presente. Esta gran unidad orográfica se extiende desde Jalisco y Colima, al norte, hasta Chiapas, al sur, atravesando las regiones de Michoacán, de Guerrero noroccidental, Oaxaca y parte del Estado de México.

Los sistemas montañosos y depresiones estructuro-litológicas intramontanas desde Jalisco hasta Oaxaca presentan un basamento geológico extremadamente complejo e integrado por la consolidación y yuxtaposición de varias unidades geotectónicas, caracterizadas por un basamento petroestratigráfico propio, separado por límites tectónicos claros.

El basamento más antiguo se localiza en la parte central de la Sierra Madre del Sur, se conoce como el Complejo Oaxaqueño (gneises del precámbrico). Fue caracterizado por primera vez por Pantoja y Robinson (1967).



-  AREA DE ESTUDIO.
-  LÍMITES DE MEGABLOQUE.
-  LÍMITES DE MACROBLOQUES.

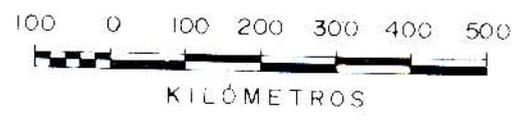


Figura 1. Megabloques y macrobloques del relieve de las zonas de sutura de transición interplacas oceánicas-continetales Cocos-Norteamericana-Caribe. El megabloque de la Sierra Madre del Sur está compuesto por nueve macrobloques: Jalisco (I), Colima (II), Michoacán (III), Guerrero Occidental (IV), Guerrero Oriental (V), Oaxaca Occidental (VI), Oaxaca Oriental (VII), Tehuantepec (VIII) y Chiapas (IX).

De acuerdo con Fries (en Cserna, 1970), el metamorfismo del zócalo ocurrió entre 1 000 y 1 200 millones de años, que equivale a la orogenia Grevilliana del oriente de Canadá, y propone para este evento metamórfico del sur de México, el nombre de orogenia Oaxaqueña. Rodríguez-Torres (1970) considera la edad del basamento como precámbrico tardío, por no estar definidas las relaciones existentes entre el depósito de esta secuencia y el proceso o procesos que lo han metamorfizado. Ortega (1981) interpreta estos depósitos como el resultado de la evolución de un rift con sedimentación en corteza continental antigua, con un metamorfismo posterior debido a una colisión continental. Al noreste de la ciudad de Oaxaca aflora este complejo, en los sistemas montañosos de la Sierra de Juárez, estando limitados por la depresión o "cañada oaxaqueña", la cual posee un carácter de límite tectónico regional (INEGI, 1985), que en nuestro caso, constituye la frontera entre los macrobloques de Oaxaca Oriental y Occidental.

Al oeste de la unidad geotectónica de Oaxaca se extiende la unidad Mixteca, que tiene como basamento al complejo Acatlán del Paleozoico Inferior, cuya época de acreción es sugerida por Ortega (1981) durante el devónico. Este complejo está integrado por rocas metamórficas, sobreyacidas por rocas no metamorfizadas del jurásico y cretácico. Estas secuencias sedimentarias mesozoicas atestiguan el desarrollo de cuencas a partir del jurásico inferior en este territorio, que ocupan el centro-sur de Puebla y el este de Guerrero. El complejo Acatlán ha sido interpretado por Ortega (1981) como una agrupación de unidades petrotectónicas, producto de la apertura y cierre de una cuenca oceánica. Está compuesta de una secuencia de margen pasiva autóctona (subgrupo Petlacingo) y un conjunto alóctono (subgrupo Acateco), como vestigio de una antigua corteza oceánica consumida durante un proceso de subducción.

Al suroeste de las unidades geotectónicas oaxaqueña y mixteca se articula tectónicamente el complejo Xolapa. Este complejo está constituido por gneises y esquistos mesozoicos. El mesozoico de este territorio se caracteriza por el desarrollo de dos unidades geotectónicas bien diferenciadas. La región occidental ocupada por secuencias típicas de un arco insular andesítico, asociado a la subducción de la corteza oceánica (Campa y Ramírez, 1979). Hacia el este se desarrolló y consolidó una extensa zona con secuencias sedimentarias marinas sobre la plataforma de Guerrero-Morelos, que se extendieron hasta la plataforma del Golfo de México, todas formadas sobre corteza continental (INEGI, 1985).

Con relación a la formación del arco insular andesítico, que ocupa la región occidental, existen varios criterios, siendo el más acertado en el contexto petrotectónico regional el postulado de Urrutia (1980) y de Coney (1983), que la identifica con la acreción por obducción de un sistema de arco insular desarrollado en el Pacífico y desplazado hasta su colisión con la corteza continental mexicana. Semejante mecanismo fue propuesto por Charleston (1980) para explicar la existencia del complejo metamórfico oaxaqueño precámbrico, a partir de bloques alóctonos provenientes del oeste y cabalgados sobre el continente, solo que este autor les atribuye edad mesozoica-cenozoica temprana.

Al parecer este proceso además explica la distribución de la yacencia de secuencias mesozoicas en pliegues de dirección norte-noroeste, con cierta correspondencia con el relieve actual de este sector central, más antiguo, de la Sierra Madre del Sur. Durante el oligoceno existieron manifestaciones volcánicas locales en todo este territorio, que ocultaron parcialmente su estructura circundante.

Al norte de este núcleo central, ocupando el noroeste del estado de Guerrero, al oeste del Estado de México y el sur del estado de Michoacán, se extienden afloramientos de secuencias mesozoicas, tanto sedimentarias como vulcanógeno-sedimentarias de tipo arco insular volcánico-marginal, parcialmente metamorfizadas y sobreyacidas por rocas volcánicas y sedimentarias continentales del cenozoico. Toda esta región septentrional de la Sierra Madre del Sur limita al este, a la altura de Ixtapan de la Sal-Taxco-Iguala, con la plataforma mesozoica de Guerrero-Morelos (INEGI, 1985).

Todo el sector sudoccidental de este sistema montañoso está constituido por secuencias metamórficas de esquistos, biotitas y algunos gneises con edades comprendidas entre el paleozoico y el mesozoico, intrusionadas por batolitos graníticos, del mesozoico tardío y el cenozoico (INEGI, 1985).

La región pacífica de la Sierra Madre del Sur, en su extensión por los estados de Colima, Michoacán y norte de Guerrero, está compuesta por complejos de rocas volcánicas andesíticas interestratificadas, conglomerados volcánicos y calizas subarrecifales del cretácico, que integran el conjunto petrotectónico de Zihuatanejo, Guerrero, Coalcomán y Michoacán (Vidal *et al.*, 1980). Además, en este sector septentrional de la sierra se presentan calizas cretácicas de plataforma con secuencias rítmicas de terrígenos pelítico-arenosos. En zonas circundantes a Colima, estas calizas de plataforma presentan intercalaciones de grandes espesores de evaporitas y subyacen, en aparente contacto transicional, a terrígenos continentales, también del mesozoico medio-superior (INEGI, 1985).

Todas estas secuencias han sido reportadas por Campa y Ramírez (1979) en diversas estructuras montañosas desde el norte hasta Zihuatanejo y este vulcanismo mesozoico se extiende, bordeando la faja costera pacífica. Estos mismos autores comparten el criterio de Vidal *et al.* (1980) al considerar el complejo vulcanógeno-sedimentario mesozoico de la Sierra Madre del Sur como resultado de la actividad magmática de una zona convergente de placas desarrollada en este territorio sudoccidental mexicano durante el cretácico temprano.

En el extremo meridional de la Sierra Madre del Sur se localiza la Sierra Madre o Macizo Cristalino de Chiapas, con una extensión de 250 y 70 km de ancho aproximadamente, y una orientación general noroccidental, paralelo a la Trinchera Mesoamericana desde el Istmo de Tehuantepec hasta Guatemala.

Esta gran unidad orográfica está constituida por rocas intrusivas y localmente por rocas metamórficas con edades comprendidas entre el precámbrico y el mioceno. La región septentrional está ocupada por un batolito paleozoico, mientras la meridional se caracteriza por afloramientos de complejos metamórficos del mesozoico temprano-medio y volcánico-plutónico del terciario, este último asociado al volcán Tacaná (De la Rosa *et al.*, 1989).

Al noreste del macizo cristalino de Chiapas y paralela a su estructura se extiende el sinclinorio o depresión central, con 160 km de longitud y 45 de anchura aproximadamente, en cuya región axial afloran rocas del paleógeno y hacia el sur, calizas cretácicas (INEGI, 1985).

Bordeando el límite nororiental de la depresión central y fuera del territorio de la Sierra Madre del Sur, se encuentra el anticlinorio de Comalapa, integrado por series de anticlinales y sinclinales en secuencias del paleozoico, triásico, jurásico y cretácico medio.

Los rasgos tectónicos más distintivos de este territorio están relacionados con el sistema de fallas transcurrentes siniestras de Polochic-Motagua (límite noroccidental de la placa Caribe) y con la evolución geodinámica de interacción interplacas Cocos-Norteamericana-Caribe, las cuales, a partir del cenozoico superior, han provocado una intensa tectónica de fallamiento normal y desplazamientos laterales, complicando las relaciones estructurales del basamento meso-cenozoico (Ortuño, 1985).

Según Ortuño (1985), como resultado del empuje tectónico hacia el NE y la subducción de la placa Cocos, bajo las placas del Caribe y Norteamericana, durante el terciario ocurren los siguientes eventos.

- El desplazamiento lateral izquierdo interplacas Caribe-Norteamericana, cuyo inicio según la evolución geotectónica de la región comenzó en el mesozoico y su actividad principal en el oligoceno-mioceno. Este criterio es coincidente con las investigaciones cubanas de esta zona de sutura, en su región oriental (Hernández, 1987).
- El desplazamiento del macizo de Chiapas hacia el noreste, tanto por el empuje de la placa Cocos como por el hecho de constituir un bloque móvil dentro de las fallas laterales del sistema Polochic-Motagua. Este postulado es compartido por Delgado *et al.* (1990), cuando señala que la configuración del Golfo de Tehuantepec, caracterizada por una compleja geometría estructural, derivada de una junta triple del tipo trinchera-falla transformante, ha definido un bloque activo rotatorio, en el sentido de las manecillas del reloj, entre los sistemas transcurrentes Puerto Angel-Macuspana, Polochic-Motagua y Cuilco-Chixoy.

En la junta triple (15° N y 95° W) intervienen los sistemas transformantes anteriores y la Trinchera Mesoamericana, donde esta última está dividida en dos unidades, de acuerdo con las características que le imprime la placa Cocos, utilizando como frontera aproximada a la paleozona de fractura de la Dorsal de Tehuantepec (Delgado *et al.*, 1990). Al respecto, Dean y Drake (1978) plantean diferentes vectores de desplazamiento entre una zona y la otra, con rumbos de N 35° E y N 20° E, y Drummond (1981) propone velocidades diferenciadas de 7 y 9 cm/año, respectivamente. Por otra parte, la determinación de la inclinación de la zona de Benioff refleja 15° para el territorio mexicano y 21° para el guatemalteco (Dean y Drake, 1978).

Todas estas evidencias señalan el carácter complejo de la zona de subducción, relacionado con la heterogeneidad geofísica y estructural de la placa oceánica Cocos dividida por la Dorsal de Tehuantepec.

Esta diferenciación geodinámica ha creado un sistema transpresivo de orientación SW-NE (desde Puerto Angel hasta Macuspana) y una cuenca marginal entre Puerto Angel y Salina Cruz, en el Golfo de Tehuantepec (Delgado *et al.*, 1990).

En la Sierra Madre del Sur, a fines del mioceno, se intensifican los movimientos neotectónicos y se inician las deformaciones que reportan ascensos anómalos de las secuencias metamórfica y litoestratigráficas pre-miocénicas. Según investigaciones realizadas por Watkins *et al.* (1982), en la zona de la Trinchera Mesoamericana se reportan sedimentos del mioceno tardío, lo que asegura que el proceso subductivo está activo, al menos, desde el inicio de la etapa neotectónica.

En el plio-cuaternario el territorio centro-meridional mexicano ha sido afectado por fallamientos normales y transcurrentes (INEGI, 1985), en un contexto de ascenso general, de fuerte contraste geomorfológico de su relieve y de una actividad geodinámica intensa.

Enfoque morfoestructural para la clasificación jerárquico-espacial de unidades litosféricas

En la literatura científica internacional son variadas las interpretaciones morfoestructurales para la subducción regional de las unidades territoriales de la litosfera, y en la mayoría de los casos, la clasificación es presentada en ausencia de un adecuado fundamento geocientífico o simplemente se omiten los argumentos conceptuales de su definición.

Las investigaciones realizadas en los últimos años en el territorio oriental cubano, tanto desde el punto de vista morfoestructural (Hernández *et al.*, 1986; Magaz y Díaz, 1986; Hernández, 1987; Díaz *et al.*, 1989) como morfotectónico (Hernández *et al.*, 1991, 1992) aportan algunas ideas, como base de partida para el perfeccionamiento y ajuste teórico, a partir de su aplicación a otros territorios, incluso como ocurre con el mexicano, de

carácter continental y con rasgos geoestructurales muy diferentes a las condiciones insulares de transición de Cuba. En esos primeros intentos se estableció la siguiente subdivisión jerárquica de las unidades litosféricas y corticales regionales.

Placa Norteamericana-Microplaca Cubana (zona de transición del borde meridional de la Placa Norteamericana)- Megabloques (A. neotectónico del archipiélago cubano, B. Depresión profunda de Yucatán, C. Cadena submarina de las Islas Caimán)- Macrobloques-Mesobloques-Bloques morfotectónicos (Hernández *et al.*, 1991, 1994).

A la luz de los estudios morfotectónicos realizados sobre la Sierra Madre del Sur, asimilando la aplicación de las categorías geomorfológicas (geotectura, morfoestructura y morfoescultura) al plano global de placas litosféricas (Gerasimov, 1986) y estableciendo una serie de criterios geotectónicos y geomorfológicos, fundamentados en condiciones cubanas, se ofrecen definiciones preliminares para la jerarquización espacial de las unidades morfotectónicas y morfoestructurales, avaladas en el escenario geoestructural del territorio suroccidental de México.

El conjunto de conceptos y definiciones no pretende aproximarse a una generalización de carácter global, pues la muestra geográfica es suficientemente restringida, pero persigue establecer, sobre las bases científicas, una escala de indicadores regionales de zonas de sutura interplacas americanas, tanto de subducción (Cocos-Norteamericana) como transformante (Caribe-Norteamericana), para emprender la clasificación morfoestructural de ambos bordes de transición de esa gran placa continental, en su cuadrante suroccidental.

Las definiciones geotectónicas de las placas continentales y oceánicas están expuestas en las obras de geólogos y geofísicos neomovilistas, y en el plano morfoestructural se corresponden con la categoría de *geotecturas continentales* (placa Norteamericana) y *oceánicas* (placas Cocos y Caribe). En el proceso de fracturación, fragmentación e interacción de las grandes placas surgen las denominadas microplacas (de estructura continental, oceánica y de transición), como ocurre en el último caso con la denominada Microplaca Cubana (Ushakov *et al.*, 1979), muy bien reflejada en los trabajos de Drummond (1981). Desde el punto de vista morfoestructural, estas regiones se corresponden con las geotecturas de transición marginal en las zonas de colisión interplacas, ya sea bajo mecanismos de subducción, obducción y de transformación.

Como geotecturas de transición marginal se encuentran la Microplaca Cubana, en la zona de sutura de transformación Norteamericana-Caribe, y el sistema de cordilleras occidentales de América del Norte, en la zona de sutura oceánica-continental de subducción Pacífica-Cocos-Norteamericana.

En orden jerárquico decreciente se sitúan los megabloques, considerados como aquellas unidades consolidadas en un episodio geotectónico e histórico-genético de la interacción interplacas, con un basamento generalmente acrecionado por la unión o imbricación de diferentes dominios geotectónicos (arco insular volcánico, relictos de corteza oceánica, fragmentos de macizos metamórficos, bordes de macizos platafórmicos, cuencas sedimentarias neoaútótonas, y otros). Dentro de la geoestructura de transición marginal interplacas de la Microplaca Cubana existen tres megabloques, bien definidos por el tipo y estructura profunda de la corteza terrestre: neotectónico cubano, depresión profunda de Yucatán y cadena submarina de Caimán. En la geotectura de transición marginal de Norteamérica Occidental se destaca el megabloque más meridional, ocupado por la Sierra Madre del Sur.

Los macrobloques constituyen unidades inferiores dentro de los megabloques, cuya formación está estrechamente relacionada con los mecanismos geotectónicos que las originaron (sobrecorrimientos, transcurrencias, fracturación de tipo germánico en bloques, deformaciones plicativas y otros) y por la amplitud e intensidad de los movimientos neotectónicos (mio-cuaternarios), formadores de su relieve. En el ejemplo de la región oriental del megabloque neotectónico cubano se reconocen tres macrobloques, a saber: montañoso suroriental (Sierra Maestra; arco insular paleógeno), montañoso nororiental (Sierras de Nipe, Cristal, Sagua-Baracoa y Purial; arco insular cretácico, relictos de corteza oceánica y fragmentos de macizos meridionales) y depresiones graben superpuestas (Central y Guantánamo; cobertura sedimentaria neoaútótona), según Hernández *et al.*, (1991, 1994). Al mismo tiempo, en el megabloque de la Sierra Madre del Sur se determinaron los siguientes macrobloques: Jalisco, Colima, Guerrero Occidental, Guerrero Oriental, Oaxaca Occidental, Oaxaca Oriental, Tehuantepec y Chiapas. En el seno de los macrobloques se destacan los **mesobloques** como unidades independientes en función de la diferenciación de la actividad neotectónica y por los diseños bidimensionales y tridimensionales de interrelación interbloques, este último indicador como una nueva categoría neotectónica para la clasificación morfoestructural. En el territorio oriental cubano fueron descritos 23 mesobloques con un total de 18 diseños tridimensionales, lo cual constituye un notable patrón para la evaluación morfotectónica de las comunidades de bloques corticales (Hernández *et al.*, 1994).

Finalmente, las unidades de rango inferior son los **bloques**, caracterizados por el piso altitudinal (subcategorías del relieve: montañas altas, medias, bajas, pequeñas, premontañas: alturas grandes, medias, pequeñas; llanuras altas, medias, bajas), el grado de reelaboración morfoescultural y el carácter morfoestructural específico o estructura interna.

Como se puede apreciar, la jerarquía de la clasificación contempla indicadores endogenéticos para los niveles superiores de la regionalización y los exogenéticos para los inferiores, lo cual se subordina al principio genético del desarrollo del relieve, que

considera a éste como el resultado de la acción recíproca entre los procesos endógenos y exógenos.

Diferenciación morfotectónica del relieve

El análisis morfotectónico preliminar del megabloque de la Sierra Madre del Sur contempló la aplicación de un conjunto de métodos estructuro-geomorfológicos, entre los cuales sobresalen:

- Interpretación topográfica a escala media (1:250 000).
- Análisis morfométrico del relieve, para determinar las diferencias territoriales de su disección horizontal y vertical, y con ello revelar el carácter de la neotectónica y su influencia en la formación de grandes unidades morfoestructurales.
- Análisis de los sistemas orográficos regionales, de sus orientaciones generales y diseño, así como de sus rasgos análogos y diferenciados (presencia de elementos bifurcados, grado de contraste hipsométrico, existencia de estructuras anulares, cambios de rumbo de cadenas orográficas).
- Estudio de los aspectos regionales y locales de los niveles geomorfológicos (superficies de planación máximas), para conocer sus deformaciones tectónicas y precisar los límites activos entre ellos.
- Comparación de los datos geólogo-geofísicos con las evidencias geomorfológicas de carácter estructural. La aplicación de los geoindicadores explicados en el epígrafe anterior, nos permitió conocer justamente cada uno de los macrobloques que integran el sistema orográfico y establecer el primer esquema morfotectónico de bloques del territorio, el cual reveló la existencia de nueve macrobloques: Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero Occidental, Guerrero Oriental, Oaxaca Occidental, Oaxaca Oriental, Tehuantepec y Chiapas (**Figura 1**).

El esquema de regionalización morfoestructural se divide en tres categorías fundamentales: unidades territoriales (macrobloques, mesobloques y bloques), zonas lineales limítrofes entre ellas (morfolineamientos de diferente orden), y lugares de intersección entre las zonas de morfoalineamientos (nudos morfoestructurales). La definición de cada una de las unidades territoriales fue presentada en páginas anteriores.

Las amplias zonas lineales que limitan las unidades territoriales son denominadas alineamientos morfoestructurales o morfoalineamientos, los cuales se dividen en primero, segundo y tercer rango en dependencia de la jerarquía de las unidades morfoestructurales que dividen. Los morfoalineamientos se clasificaron en longitudinales y

transversodiagonales, según su posición con respecto a las unidades territoriales que limitan o atraviesan.

Finalmente, los nudos morfoestructurales son aquellos lugares de intersección entre dos o más morfoalineamientos. En la mayoría de los casos se forman por la intersección de morfoalineamientos longitudinales y transversales, y es precisamente en estos nudos donde se presenta la mayor ocurrencia de terremotos.

Macrobloques de Jalisco-Colima y de Tehuantepec: morfoestructuras distensivas y transpresivas de punto triple continental y de junta triple interplacas

Durante los últimos años, la independencia dinámica del macrobloque Jalisco (macrobloque según la presente clasificación morfoestructural) ha sido foco de atención de los representantes del neomovilismo.

La diferenciación geodinámica de la zona de sutura de subducción interplacas oceánicas Rivera y Cocos y continental Norteamericana presenta diversos diseños geotectónicos, expresados en el relieve de la Sierra Madre del Sur, que revelan la extrema complejidad estructural y singularidad planetaria de esta zona de colisión activa producto de la expansión de las cuencas oceánicas del Pacífico y Atlántico.

En el territorio del megabloque de transición marginal de la Sierra Madre del Sur se aprecian estructuras de carácter expansivo continental como son el punto triple del sistema riftogénico Tepic-Zacualco, Colima y Chapala, que independizan al macrobloque Jalisco y de Tepalcatepec-Balsas-San Juanico, que separa los macrobloques de Michoacán y de Guerrero Occidental (**Figura 2**); así como las deformaciones transpresivas neogénicas de la junta triple interplacas de Tehuantepec, expresadas en las elevaciones de trazo arqueado de Sierra Atravezada.

En el proceso de “desgarramiento” del macrobloque Jalisco del territorio continental interviene un complicado sistema de esfuerzos geotectónicos, donde interactúan mecanismos subductivos (placas Rivera y Cocos) y extensinales (punto triple riftogénico) (**Figura 3**). De acuerdo con los criterios de Stock (1993), el macrobloque Jalisco está sujeto a un movimiento rotacional contrario a las manecillas del reloj respecto a la superficie continental Norteamericana, debido a los esfuerzos de débil componente oblicua dextral de la placa Rivera; al desplazamiento en la estructura de graben Tepic-Zacualco; y a la extensión del graben de Colima (macrobloque deprimido según la clasificación morfoestructural esbozada), fundamentalmente en su sector septentrional, conjugado con el graben Tepic-Zacualco y el de Chapala.

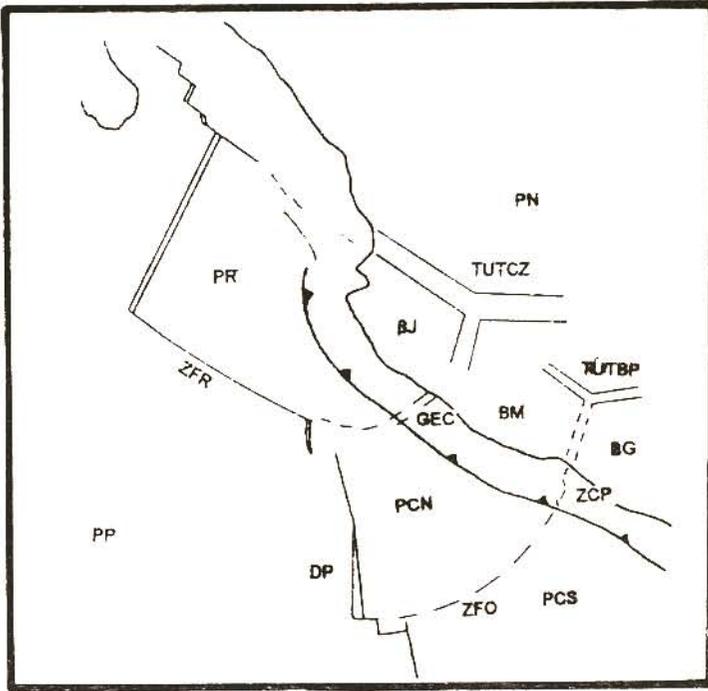


Figura 2. Modelo tectónico del sureste de México (etapa presente): **PP** Placa Pacífica, **PN** Placa Norteamericana, **PR** Placa Rivera, **PCN** Placa Cocos Norte, **PCS** Placa Cocos Sur, **BJ** Bloque Jalisco, **BM** Bloque Michoacán, **BG** Bloque Guerrero, **ZFR** Zona de Fractura Rivera, **ZFO** Zona de Fractura Orozco, **ZFS** Zona de Fractura Siqueiros, **DP** Dorsal del Pacífico, **ZCP** Zona de Cañones de Petacalco, **GEC** Graben El Gordo-Colima, **TUTCZ** Triple Unión Tepic-Chapala-Zacoalco, **TUTBP** Triple Unión Tepalcatepec-Balsas-Petacalco (Johnson *et al.*, 1990 y Bandy, 1992).

La diferenciación morfotectónica del bloque Jalisco revela un diseño de carácter ortogonal, compuesto por cuatro escalones morfoestructurales longitudinales, paralelos al mecanismo geotectónico subductivo general del territorio, los cuales se dividen en 18 bloques transversales (Figura 4).

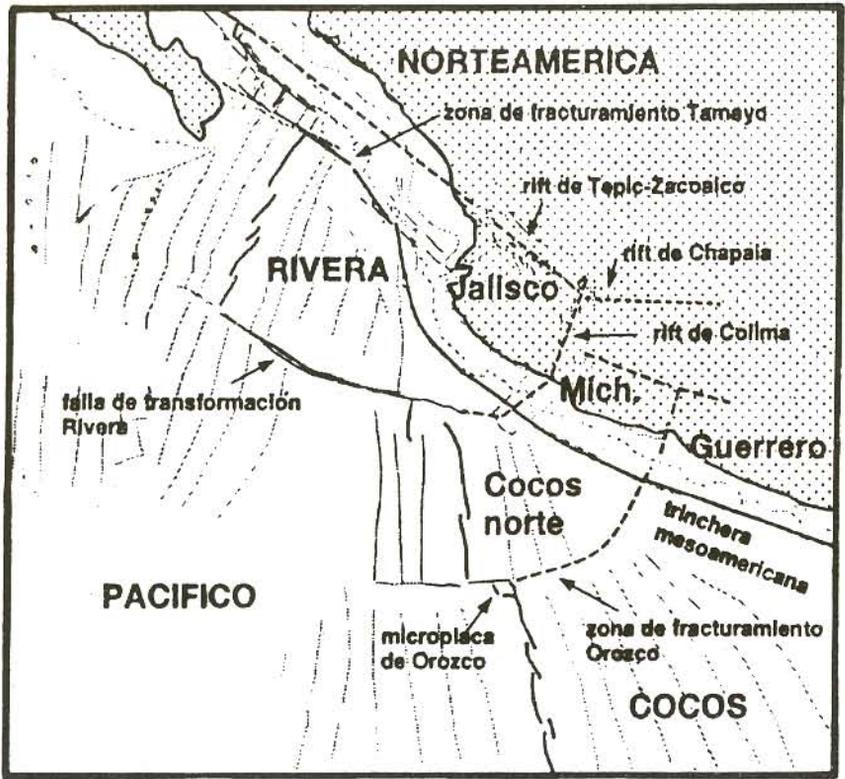


Figura 3. Esquema regional de las principales placas y bloques tectónicos de la región de Jalisco (Stock, 1993).

Los dos escalones centrales corresponden a las zonas de mayor actividad neotectónica, estando ocupados por montañas de los sistemas orográficos de Sierra Cacoma Occidental (1₃) (Tuito-Cuale) y Cacoma Oriental (1₇), y de la Sierra de Manantlán (1₂) (Figura 4), en el meridional. Las primeras poseen una marcada profundización de los valles fluviales en sus sectores superiores y la última con un extenso carácter de planación areal, aspecto que fija su independencia evolutiva.

Al norte de esta gran unidad longitudinal están situadas las sierras Vallejo, Comalito, Verde y de Quila (1₁₂, 1₄ y 1₈), con huellas de actividad volcánica joven, asociadas a los sistemas disyuntivos más activos, presentes en el relieve. Bordeando por el norte y el sur, se extienden depresiones –graben–, que marcan un notable contraste neotectónico con los escalones montañosos.

Figura 4. Diferenciación jerárquico-regional de las unidades territoriales y zonas de alineamientos morfoestructurales del megabloque continental de transición marginal interplacas Sierra Madre del Sur (sector noroccidental).

ZONAS DE SUTURA MORFOESTRUCTURAL: **1** - Límites de megabloque (zonas de alineamientos morfoestructurales longitudinales de I (1er) orden); **2** - Límites de macrobloques (zonas de alineamientos morfoestructurales transversales de I (1er) orden); **3** - Límites de mesobloques (zona de alineamientos morfoestructurales longitudinales y transversales de II (2do) orden); **4** - Límites de bloques de orden inferior (zonas de alineamientos morfoestructurales longitudinales y transversales de III (3er) orden); **5** - Principales zonas de desplazamientos horizontales.

UNIDADES MORFOESTRUCTURALES REGIONALES: **6** - Macrobloques y mesobloques. **MACROBLOQUES:** I - Jalisco, II - Colima; **MESOBLOQUES:** I₁ - Sierra de Tapalpa, I₂ - Sierra Manantlán, I₃ - Sierra Cacoma Occidental, I₅ - Ahualulco de Mercado, I₆ - Sierra de Manantlán Oriental, I₇ - Sierra de Cacoma Oriental, I₈ - Sierra Verde, I₉ - Sierra Guamuchil, I₁₀ - Depresión Ameca, I₁₁ - Tomatlán-Campo Acosta, I₁₂ - Sierra Vallejo, I₁₃ - Sierra Perote, I₁₄ - Limón-Lagunilla, I₁₅ - El Pantano-Miguel Hidalgo, I₁₆ - Palo Solo, I₁₇ - Sierra Lagunillas, I₁₈ -Banderas; II₁ - Nevado de Colima, II₂ - Tamazula de Gordiano, II₃ - Sayula, II₄ - Tecolapa-Lamora, II₅ - Las Ratas Mancira, II₆ - Pinuamo, II₇ - Coquimatlán-Las Morenas, II₈ - Tecoman; **7** - .2260 - altitud en metros de la superficie de planación máxima de cada bloque de rango inferior.

MORFOESTRUCTURAS TECTONO-VOLCÁNICAS Y TECTÓNICAS DEPRIMIDAS. **8** -Volcanes mayores; **9** - Conos volcánicos; **10** - Derrames lávicos; **11** - Avalanchas volcánicas; **12** - Depresiones tectónicas (graben, cuencas de tracción o pull-apart-basin); **OTROS.** **13** - Ejes divisorios de los principales sistemas orográficos.

Las morfoestructuras meridionales están representadas por diversos pisos geomorfológicos escalonados, en ocasiones alternos, de llanuras, alturas, submontañas y premontañas. En la zona de intersección entre los mesobloques I₃, I₁₁, I₁₆ y I₁₇ se abre el graben de Tuito, el que constituye un importante nudo morfoestructural de Jalisco. El extremo septentrional de esta singular macrounidad, articulado con el graben Tepic-Zacoalco, está representado por la Sierra El Guamuchil (I₉) y por la depresión Ameca (I₁₀), la cual se une hacia el oeste con el graben de Amatlan de Cañas. Un elemento morfoestructural que corrobora las evidencias de movimientos de rotación del macrobloque Jalisco, en contra de las manecillas del reloj, es el carácter inflexivo de todas las estructuras del relieve, en su porción noroccidental, cambiando su rumbo NW-SE hacia una dirección W-SW, siguiendo el patrón del graben de Bahía de Banderas. Esta inflexión se aprecia en las sierras Vallejo, Cacoma, Zapotan, El Guamuchil y en las depresiones graben superpuestas que las circundan.

El macrobloque de Colima constituye una estructura distensiva activa con un considerable rol geodinámico en el mecanismo rotacional del macrobloque Jalisco. Su extremo meridional posee un diseño longitudinal, opuesto al carácter transverso-diagonal de toda la macrounidad, donde se evidencian desplazamientos horizontales dextrales con modificaciones en el relieve, como ocurre con la Sierra de Manantlán Oriental (16) en la zona de articulación entre ambos macrobloques.

En el extremo suroriental de la Sierra Madre del Sur se extienden los macrobloques Tehuantepec y de Chiapas, cuya evolución tectónica mio-cuaternaria ha estado estrechamente vinculada al proceso transpresivo transversal (Ortuño, 1985; Delgado *et al.*, 1990), originado por desplazamientos vectoriales diferenciados de la placa Cocos, a ambos lados de la Dorsal de Tehuantepec, precisamente en la junta triple interplacas Cocos-Norteamericana-Caribe. Los mecanismos formadores del plano morfotectónico de ambos territorios, donde intervienen las deformaciones transcurentes siniestras del sistema Polochic-Motagua, prolongación occidental del sistema caribeño regional Bartlett-Caimán, le imprime características propias en el contexto geotectónico americano.

Las deformaciones transpresivas de la subducción diferenciada, han creado un mosaico extremadamente complejo, con fuertes contrastes neotectónicos, tanto horizontales como verticales, los cuales disminuyen paulatinamente hacia el contacto con el macrobloque oaxaqueño oriental.

El macrobloque Tehuantepec (**Figura 5**), con significativo arqueamiento de sus estructuras y complejos petrotectónicos, y de su relieve, con una configuración convexa hacia el NE, indicando el sentido de la transpresión neotectónica presenta tres macrobloques: el septentrional, más elevado, ocupado por la Sierra Atravezada (H=2 030-2 250 m), formado por una estructura de trenza de "cola de caballo", que desaparece hacia el NW en su contacto con la zona de articulación con los macrobloques oaxaqueños; el central ocupado por el sector llano y cóncavo en la cuenca marginal (Juchitán de Zaragoza-San Francisco de Ixhuatán) con alturas predominantes entre los 100 y 300 m, con áreas periféricas de bloques más elevados (H=810-950 m); y el suroccidental, ocupado por cadenas escalonadas longitudinales de bloques con dirección NE (H=1 150-1 620 m).

El macrobloque Chiapas, límite más meridional de la Sierra Madre del Sur está ocupado por tres mesobloques longitudinales de orientación NW, paralelos a la Trinchera Mesoamericana: el septentrional, representado por la depresión o sinclinorio central, compuesto por bloques de idéntica dirección, en su territorio se destacan dos mesounidades transversales, la occidental (H=1 230-1 510 m) y la oriental (H=1 550-1 630 m); el central, ocupado por el macizo cristalino de Chiapas y subdividido en seis mesobloques transversales (de NW a SE: H=1800-2010 m, H=1930-1950 m, H=2 050-2 550 m; H=2 150-2 450 m, H=2 450-2 550 m y H=2 950-3 030 m); y el meridional costero, subdividido en dos mesounidades, la noroccidental, más elevada (H=650-1050 m) y el suroriental (H=200-350 m y menos).

Figura 5. Diferenciación jerárquico-regional de las unidades territoriales y zonas de alineamientos morfoestructurales del megabloque continental de transición marginal interplacas Sierra Madre del Sur (sector suroriental).

ZONAS DE SUTURA MORFOESTRUCTURAL: 1 - Límites de megabloques (zonas de alineamientos morfoestructurales longitudinales de I (1er) orden); 2 - Límite de macrobloques (zonas de alineamientos morfoestructurales transversales de I (1er) orden); 3 - Límite de mesobloques (zonas de alineamientos morfoestructurales longitudinales y transversales de II (2do) orden); 4 - Límites de bloques de orden inferior (zonas de alineamientos morfoestructurales longitudinales y transversales de III (3er) orden); 5 - Principales zonas de desplazamientos horizontales.

UNIDADES MORFOESTRUCTURALES REGIONALES: 6 - Macrobloques y mesobloques. **MACROBLOQUES:** VII - Tehuantepec, IX - Chiapas; **MESOBLOQUES:** VIII₁ - Sierra Atravesada-Tres Picos, VIII₂ - Salina Cruz, VIII₃ - Cordón Indio Dormido, VIII₄ - Ixtepec-Cuchitán de Zaragoza; IX₁ - Chico Muselo-Motozintla de Mendoza, IX₂ - Cerro Cebú-Venado, IX₃ - Meseta Las Pulgas, IX₄ - Meseta Santo Domingo-El Cachorro, IX₅ - Sierra Cerro Brujo, IX₆ - Cintapalapa, IX₇ - Sierra Vicente Casar, IX₈ - Tlaxtla Gutiérrez, IX₉ - Venustiano Carranza-La Angostura, IX₁₀ - Tonalá-Huixtla; 7 - .2260 - altitud en metros de la superficie de planación máxima de cada bloque de rango inferior. **ELEMENTOS MORFOESTRUCTURALES.** 8 - Conos deluvio-columviales.

Los rasgos morfotectónicos generales de la Sierra Madre del Sur, ofrecidos en este trabajo reflejan las regularidades de la formación del relieve durante la etapa neotectónica, bajo el proceso regional de subducción y en conjunción, en su extremo suroriental, con el mecanismo de transformación siniestro, imperante a lo largo de la zona de sutura interplacas Caribe-Norteamericana.

Conclusiones

De acuerdo con la asimilación de la aplicación de las categorías morfoestructurales (geotectura, morfoestructura, morfoescultura) al plano global de placas litosféricas; con las modificaciones establecidas por nuevos criterios geotectónicos y geomorfológicos en las condiciones insulares del relieve cubano, fundamentalmente de su extremo oriental; y con los resultados alcanzados en el primer intento de regionalización morfoestructural de la Sierra Madre del Sur, se propone la siguiente estructura jerárquica para la subdivisión de unidades litosféricas regionales: geotectura continental u oceánica, geotectura de transición marginal, megabloque, macrobloque, mesobloque y bloque.

El establecimiento de la subdivisión jerárquica del enfoque morfotectónico regional encontró su fundamento teórico en la aplicación de los principios básicos y geoindicadores de la clasificación tipológica morfoestructural, lo cual le imprime un adecuado nivel de sustentación geocientífica.

El desarrollo geotectónico diferenciado del megabloque de la Sierra Madre del Sur determinó la formación en su relieve de nueve grandes macrounidades (macrobloques), a saber: Jalisco, Colima, Guerrero Occidental, Guerrero Oriental, Oaxaca Occidental, Oaxaca Oriental, Tehuantepec y Chiapas.

Las deformaciones de las superficies horizontales y subhorizontales del relieve (superficies de planación de cima máxima) permitieron determinar el mosaico de bloques activos de la corteza terrestre, expresados en el mismo, así como el diseño de mesobloques para cada macrobloque morfoestructural.

Las regularidades morfotectónicas generales de la Sierra Madre del Sur reflejan las características de los mecanismos geotectónicos interplacas, con un carácter longitudinal de las macro y mesounidades, paralelamente a la Trinchera Mesoamericana, en su región septentrional (Jalisco a Guerrero Occidental) y con hipotética rotación de algunas de ellas en su sector central (Oaxaca Occidental y Oriental), correspondiéndose con el proceso subductivo interplacas Cocos-Norteamericana. En su región meridional (Tehuantepec-Chiapas) los rasgos revelan la conjugación, en la junta triple interplacas Cocos-Norteamericana-Caribe, de un proceso subductivo diferenciado, generador de una transpresión transversal sobre el mecanismo de transformación de izquierda de la zona de sutura Caribe-Norteamericana, en el Golfo de Tehuantepec.

La aplicación de múltiples métodos estructuro-geomorfológicos permitió revelar el plano morfoestructural de los macrobloques de Jalisco, Colima, Tehuantepec y Chiapas, compuestos por 18, 8, 4 y 10 mesobloques, respectivamente.

Los macrobloques de Jalisco y Tehuantepec constituyen morfoestructuras regionales distensivas y transpresivas de punto triple continental y de junta triple interplacas respectivamente, expresada en los rasgos estructurales y morfológicos de su relieve.

Las inflexiones morfoestructurales de los sistemas orográficos longitudinales del macrobloque Jalisco en su extremo noroccidental, apoyan las propuestas geotectónicas de movimientos de rotación, en contra de las manecillas del reloj, de esta macrounidad septentrional de la Sierra Madre del Sur. Por otra parte el arqueamiento convexo, hacia el NE, de las cadenas montañosas de la Sierra Atravezada corroboran la transpresión interplacas del Istmo de Tehuantepec, la cual en su interacción con el mecanismo de transformación de la zona de sutura Caribe-Norteamericana ha determinado un modelo de trenza de "cola de caballo" escalonado, decreciente y convergente hacia el NW, en la región de articulación entre los macrobloques de Tehuantepec y Oaxaca Occidental.

Las zonas de articulación entre los macro y mesobloques constituyen los ejes más geodinámicos y tanto ellos como sus zonas de intersección pueden considerarse nudos morfoestructurales potencialmente sismoactivos. En el macrobloque Jalisco estas zonas de

alineamientos morfoestructurales han determinado depresiones de graben como Amatlán de Cañas, Tuito y Ameca, entre varias.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración en la cartografía morfoestructural preliminar a Oscar Frausto Martínez y Oscar Salas García, en el dibujo a Manuel Figueroa M. y Ramón Rodríguez. En la realización del formato final a Jorge González Sánchez.

Referencias

- Bandy, W. L. (1992), Geological and geographical investigation of Rivera-Cocos plate. Boundary: Implication for Plate Fragmentation Ph. Thesis, University of Texas at Austin, EUA.
- Campa, M. F. y J. Ramírez (1979), "La evolución geológica y metalogénesis del noroccidente de Guerrero", *Ser. Tec.-Cient.*, núm. 1, Univ. Aut. de Guerrero, 102 pp.
- Coney, P. (1983), "Un modelo tectónico de México y sus relaciones con América del Norte, América del Sur y el Caribe", *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, v. 15, núm. 1, pp. 6-15.
- Cserna, Z. de (1970), "Reflexiones sobre algunos de los problemas de la geología en la parte centromeridional de México", en *Libro-Guía de la excursión México-Oaxaca*, Sociedad Geológica Mexicana, México, pp. 37-50.
- Charleston, S. (1980), "Stratigraphy and tectonics of the Río Santo Domingo area, State of Oaxaca", Mexico, 26 Congress Geologique International (Resúmenes), vol. 1, sections 1 a 5, Paris, p. 324.
- Dean, B. W., C. L. Drake (1978), "Focal mechanism solutions and tectonics of the Middle America", *Arc. Journal of Geology*, vol. 86, pp. 111-128.
- De la Rosa, Z., J. L. Eboli y M. A. Dávila (1989), *Geología del estado de Chiapas*, Harla, México.
- Delgado Argote, L. A., E. A. Carballido-Sánchez (1990), "Análisis tectónico del sistema transpresivo neogénico entre Macuspana, Tabasco y Puerto Angel, Oaxaca", *Rev. Instituto de Geología*, vol. 9, núm. 1, UNAM, México, pp. 21-32.
- Díaz Díaz, J. L., J. R. Hernández Santana, A. R. Magaz García, A. H. Portela Peraza y R. Blanco Segundo (1989), Morfoestructuras, en *Nuevo Atlas Nacional de Cuba*, Ed. Inst. Nac. Geogr. España, Madrid, IV.3.1.
- Drummond, K. (1981), Mapa de tectónica de placas de la región circumpacífica, cuadrante noroeste. Consejo Circumpacífico para la Energía y los Yacimientos Minerales, EUA.

- Guerasimov, I. P. (1986), *Problemas de geomorfología global: geomorfología actual y teoría del movi­lismo en la historia geológica de la Tierra*, (en ruso), Ed. Nauka, Moscú, 207 pp.
- Hernández Santana, J. R., D. A. Lilienberg y R. González Ortiz (1986), "Regionalización morfoestructural de la Sierra Maestra y las depresiones circundantes", *Rev. Ciencias Tierra y Espacio*, 12:36-48.
- Hernández Santana, J. R. (1987), *Geomorfología estructural y geodinámica reciente de Cuba Sudoriental, en la zona de interacción de la microplaca cubana y la fosa profunda de Bartlett*, (en ruso), Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de Rusia, Moscú, 264 pp.
- Hernández Santana, J. R., J. L. Díaz Díaz, A. R. Magaz García, R. González Ortiz, A. H. Portela Peraza y F. Arteaga Barrios (1991), "Criterios geomorfológicos para la clasificación morfoestructónica de Cuba oriental", en *Morfotectónica de Cuba Oriental*, Ed. Academia, La Habana, 43 pp.
- Hernández Santana, J. R. y A. R. Magaz García (1992), *Morfotectónica del territorio del complejo sanatorial Topes de Collantes, Macizo de Guamuhaya, Cuba (escala 1:25 000)*, Ed. ICGC, Santa Clara, 1 hoja.
- 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 Boletín*, núm. 28, Instituto de Geografía, UNAM, México, México, pp. 9-32.
- INEGI (1985), *Geología de la República Mexicana*, INEGI, 88 pp.
- Johnson, C. y C. Harrison (1990), "Neotectonic in Central Mexico", *Phys. Earth Planet. Int.*, 64, pp. 187-210.
- Magaz García, A. R. y J. L. Díaz Díaz (1986), "Las morfoestructuras de la región centro-oriental", en *Los principios básicos de la clasificación morfoestructural del relieve cubano*, Ed. Academia, La Habana, pp. 13-60.
- Maldonado-Koerdell, M. (1970), "Perspectivas y apreciación del área oaxaqueña en sus aspectos geodésicos, geofísicos y geomorfológicos y como ámbito humano", en *Libro-Guía de la excursión México-Oaxaca*, Sociedad Geológica Mexicana, México, pp. 33-36.
- Ortega, F. (1981), "Metamorphic belts of southern Mexico and their tectonic significance", *Geofísica Internacional*, vol. 20, núm. 3, pp. 117-202.
- Ortuño Arzate, S. (1985), *Geología del área la Zacatera, Oaxaca*, Fac. de Ingeniería (tesis de maestría), UNAM, México, 95 pp.
- Pantoja, J. y R. A. Robinson (1967), "Paleozoic sedimentary rocks in Oaxaca, Mexico", *Science*, vol. 157, pp. 1933-1935.

- Pantoja-Alor, J. (1970), "Rocas sedimentarias paleozoicas de la parte centro-septentrional de Oaxaca", en *Libro-Guía de la excursión México-Oaxaca*, Sociedad Geológica Mexicana, México, pp. 67-84.
- Rodríguez Torres, R. (1970), "Geología metamórfica del área de Acatlán, estado de Puebla", en *Libro-Guía de la excursión México-Oaxaca*, Sociedad Geológica Mexicana, México, pp. 51-54.
- Stock, J. M. (1993), "Tectónica de placas y la evolución del bloque Jalisco, México", *GEOS, Bol. Unión Geofísica Mexicana*, México, vol. 13, 3:3-9.
- Urrutia, J. (1980), Paleomagnetic studies of Mexican rocks, Ph. D. tesis, Univ. of Newcastle upon Tyne, Inglaterra, 689 pp.
- Ushakov, S. A., A. I. Avdeev, Yu I. Galushkin y E. P. Duvikin (1979), "Ruptura de la isostasia de la litosfera de la región caribeña y análisis geodinámico de su naturaleza" (en ruso), en *Tectónica y geodinámica de la región caribeña*, Ed. Nauka, Moscú, pp. 63-71.
- Vidal, R., M. F. Campa, B. Huitrón y G. Alencaster (1980), El conjunto petrotectónico de Zihuatanejo, Guerrero-Coalmán, Michoacán, Soc. Geol. Mex., *Resúmenes de la V Convención Nacional*, pp. 111-112.
- Watkins, J. S., K. J. McMillen, S. B. Bachman, T. H. Shipley, J. C. Moore y C. H. Angevine (1982), Tectonic synthesis, Leg 66-transect and vicinity: Initial Report of the Deep Sea Drilling Project, vol. 66, pp. 837-849.