

ESTILOS GEOTECTÓNICOS BIDIMENSIONALES Y TRIDIMENSIONALES INTERBLOQUES: UNA NUEVA CATEGORÍA NEOTECTÓNICA PARA LA DETERMINACIÓN DE MORFOESTRUCTURAS MONTAÑOSAS*

José Ramón Hernández**

Mario A. Ortiz Pérez***

Antonio R. Magaz García**

Jorge L. Díaz Díaz**

José Juan Zamorano***

Resumen

La evolución geológica del archipiélago cubano revela una migración del vulcanismo y del magmatismo de W a E en el meso-cenozoico temprano, igual que el incremento de la actividad neotectónica, de la sismicidad y de la endodinámica secular reciente, lo cual ha originado grandes contrastes geomorfológicos en su extremo oriental, actual zona de interacción interplacas Caribe-América del Norte, a lo largo de cuyo eje tectogénico, ocupado por la fosa de Bartlett, se desarrollan desplazamientos horizontales con componentes de izquierda y elementos de subcorrimiento.

Durante la etapa neotectónica-geomorfológica del desarrollo del relieve cesaron los movimientos convergentes de compresión, existiendo un régimen de distensión con tectónica de bloques de tipo horst y graben con estilos propios para cada marco y mesomorfoestructura montañosa.

En la formación de las montañas de Cuba Oriental se distinguen los siguientes sistemas de interrelaciones tridimensionales interbloques: isométrico de bóveda-bloque; escalonado asimétrico de bloques basculados; alterno asimétrico de bloques de horst y graben; isométrico de bloques escalonados; lineal de horst en bóveda, basculado; basculado de bloques escalonados; alterno asimétrico de bloques de horst y graben, con escalonamiento asimétrico transversal; escalonado irregular de bloques basculados; lineal de bloques; lineal de horst en bóveda; irregular de bloques; isométrico monolítico; irregular de horst escalonados; lineal de horst escalonados; lineal de horst escalonados, basculados y rotados por el rumbo; isométrico de bloques irregulares; alterno escalonado de bloques de horst y graben con intensa fracturación interna, y alterno de horst y graben asimétrico.

Al mismo tiempo, se muestran algunos modelos geotectónicos tridimensionales mexicanos: de estructura de flor en el complejo volcánico de Temascalcingo, graben de Acambay; de expresión continental en el campo volcánico de Amatlán de Cañas, y trenza de "cola de caballo", en la Sierra Atravesada-Istmo de Tehuantepec.

* Recibido: 15 de febrero de 1994.

** Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de Cuba.

*** Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, Apdo. Postal 20-850, 01000 México, D. F.

Summary

Cuban Archipelago geologic evolution reveals a W to E migration in Early Mezo-Cenozoic vulcanism and magmatism as well as an increased activity in neotectonics, seismicity, and recent secular endodynamics originating a conspicuous geomorphological variety in the eastern edge in which, along the tectogenetical axis occupied by the Barlett deep trench, horizontal left-lateral displacements occur.

During the relief developmental neotectonic-geomorphologic stage, the convergent compressive movements were discontinued existing a horst-and-graben-like block tectonical expansion regime with peculiar styles for every mountainous macro and mesomorphostructures.

Among the 18 different tridimensional interblock interrelation system shaping the Eastern Cuba mountains there are: arch isometric-block; stepped asymmetrical-jibbed block; alternate asymmetrical horst-and-graben-blocks; stepped block isometric; arch-horst linear, jibbed; horst-and-graben blocks alternate symetric with transitional-transversal asymmetrical stepping; irregularly stepped-jibbed blocks; block linear; arch-horst linear; block irregular; monolithic isometric; stepped-horst irregular; stepped-horst linear; stepped, jibbed and bearing-rotated horst linear; irregular block isometric; horst-and-graben block with strong inner fracture stepped alternate; and asymmetrical horst-and-graben alternate.

At the same time, in this paper we report some mexican geotectonic models: the flower structure of volcanic complex of Temascalcingo, Acambay's graben; the continental rifting in the Amatlán de Cañas Volcanic field; and the branching scheme of the Sierra Atravesada-Istmo de Tehuantepec.

Introducción

Uno de los problemas fundamentales de la ciencia geomorfológica contemporánea, en su contexto estructuro-geodinámico, es la búsqueda de su adecuación a las recientes ideas neomovilistas, en primer término, con los postulados de la nueva teoría de la tectónica global de placas litosféricas.

En los últimos años, las investigaciones estructuro-geomorfológicas y morfotectónicas se han dirigido precisamente a la interpretación evolutiva de las zonas de sutura interplacas oceánico-continentales e intercontinentales, con el objeto de conocer los rasgos distintivos de su morfoestructura de transición, sus tendencias de desarrollo, las regularidades de su formación y los mecanismos geotectónicos que determinan su relieve montañoso.

Los primeros pasos en el estudio y clasificación morfoestructural del relieve de transición marginal americano, en sus zonas de interacción interplacas de transformación (Caribe-América del Norte) y de subducción (Cocos-América del Norte) han sido encaminados individual y mancomunadamente, por geomorfólogos cubanos y mexicanos, bajo un enfoque multidisciplinario.

En este trabajo se muestran los diferentes niveles jerárquicos de clasificación empleados, haciendo especial énfasis en el análisis de los modelos tridimensionales y bidimensionales de interrelación interbloques, como una nueva categoría neotectónica de tipología y regionalización morfoestructural de regiones montañosas de geotecturas de transición marginal interplacas.

Principios clasificativos de las morfoestructuras

Las bases teórico-conceptuales del análisis morfoestructural se localizan en las investigaciones realizadas por I. P. Guerasimov (1946, 1959), en las cuales, tanto desde el punto de vista histórico-genético como jerárquico-espacial, se establecen las categorías de geotectura (elementos de la morfoarquitectura planetaria continental, oceánica y de transición marginal e intracontinental); de morfoestructura (expresión regional o local de la estructura geológica en el relieve); y de morfoescultura (manifestación exógena en el relieve de la zonación morfoclimática). Posteriormente, en 1986, este mismo autor establece una clasificación más detallada de las geotecturas, acorde con la teoría de movilismo en la historia geológica de nuestro planeta.

De acuerdo con este nuevo enfoque se proponen 15 tipos geotecturales, entre los que destacan los orógenos, como geotecturas continentales caracterizadas por complejas morfoestructuras de sobrecorrimiento-plegamiento y de bloque, formadas durante la etapa orogénica alpina. A la luz de la tectónica de placas, dichas geotecturas surgieron en los bordes de placas continentales, a lo largo de zonas de sutura continental-oceánicas jóvenes, bajo intensos movimientos orogénicos. Estas unidades planetarias de transición marginal se

caracterizan por su estructura de mosaico, predominando morfoestructuras continentales, pero incluyendo fragmentos oceánicos. Otro tipo, de idéntico origen y significado geotectónico, lo constituyen los neo-orógenos, compuestos por morfoestructuras continentales y oceánicas, las que caracterizan las zonas de sutura continental de disyunción transcurrente y oceánicas recientes (insulares, montañosas y volcánicas, fosas profundas y otros elementos regionales). En el ámbito neomovilista coinciden con las zonas de subducción, obducción y de transformación.

Bajo estas categorías tipológicas de las geotecturas de transición marginal quedan contempladas las zonas de articulación interplacas Caribe-América del Norte, representada por la dorsal de los Caimanes-Cuba Oriental, y de Cocos-América del Norte, manifestada por la Sierra Madre del Sur.

Precisamente, dentro de la clasificación morfoestructural el nivel jerárquico superior es el **tipo de geotectura**, es decir, la unidad geomorfológica de carácter planetario. En este sentido, para ambas zonas, caribeña y pacífico-mexicana, el nivel principal lo ocupa la geotectura de transición marginal, ya sea un orógeno o un neo-orógeno (que también pudiera ser un orógeno activizado durante la etapa neotectónica del desarrollo planetario).

Siguiendo un orden lógico del geosistema litosférico, el próximo escalón clasificativo inferior lo constituye el **piso estructural**, que en el caso del territorio oriental cubano se divide en dos etapas histórico-geológicas (paleogeográficas), cuya estructura resultante está bien diferenciada y expresada en el relieve: morfoestructuras creadas en el basamento de los complejos plegados e intrusivos pre-eoceno superior y morfoestructuras elaboradas en la cobertura plataforma post-eoceno superior (neoautóctona sedimentaria).

Tanto para Cuba Oriental como para el archipiélago cubano, resultado de la consolidación de elementos geotectónicos heterogéneos, se distingue el nivel jerárquico inferior al basamento, representado por la **unidad morfotectónica**, dentro de la cual se destacan los relictos de arcos volcánicos insulares cretácico y paleógeno, los restos de corteza oceánica (complejo ofiolítico), los fragmentos de macizos metamórficos meridionales y los macizos continentales septentrionales. En el contexto del piso estructural de la cobertura platforma neoautóctona se destacan subunidades morfotectónicas, sobre la base de su edad y del nivel deformativo de sus secuencias sedimentarias (deformación fuerte del eoceno superior-oligoceno; deformación suave, del neógeno; y congénita, muy poco deformada, del cuaternario).

Las **categorías del relieve** (montañas, alturas y llanuras) estrechamente relacionadas histórica y genéticamente con la **amplitud de los movimientos neotectónicos** constituyen los próximos niveles clasificativos del plano morfoestructural.

En sus investigaciones regionales, tanto A. Magaz (1986) como J. L. Díaz (1986), J. R. Hernández (1987) y A. Portela (1990), consideraron seguidamente el **mecanismo de formación** de las morfoestructuras, para determinar el proceso genético-endógeno que las distingue en el curso de su evolución geólogo-geomorfológica. Este proceso genético ocurre a partir del momento en que cambia el estilo de las deformaciones tectónicas hacia los movimientos verticales predominantes y la separación en bloques del territorio. Este mecanismo, que incluso puede ser heredado, individualiza en la superficie a grandes bloques que conservan las estructuras antiguas transformadas en virtud de un proceso cualitativamente nuevo. El mecanismo de formación es un proceso activo, mientras que las estructuras antiguas reveladas en virtud de éste y por la actividad de los procesos exógenos, son pasivas.

Es oportuno considerar el **grado de reelaboración morfoescultural** (exógena) de las morfoestructuras como el siguiente eslabón clasificativo, dado el significativo control que ejercen la litología y los agentes físicos-geográficos en el modelado del relieve. En este sentido, las morfoestructuras pueden ser estructuro-denudativas (en las cuales la estructura geológica se expresa con claridad en la superficie y la transformación exógena no logra enmascararla) y denudativo-estructurales (en las cuales se ha perdido considerablemente la relación morfológica con las estructuras que las originaron, pero aún conservan su individualidad general).

La división de los **pisos altitudinales** es una necesidad manifiesta en la diferenciación de la amplitud e intensidad de los movimientos. Para ello se proponen las subcategorías del relieve (montañas altas, medias, bajas y pequeñas; las premontañas y submontañas; las alturas grandes, medias y pequeñas, y las llanuras altas, medias y bajas). Sus rangos altimétricos dependen del carácter neotectónico regional.

El nivel elemental de la clasificación lo constituye el **carácter morfoestructural específico**, es decir, la estructura interna propia de las unidades de orden menor en el relieve (monoclinales, sinclinales, horst-anticlinales, bloque-cúpula, etc.).

Al mismo tiempo, se destaca el **complejo de formas estructurales** expresadas en el relieve, tales como morfoestructuras locales, fallas, escarpas tectónicas, alineamientos, depresiones de contacto, ejes de pliegues, límites de bloques longitudinales y transversales, manifestación de las estructuras del basamento a través de la cobertura, así como sus prolongaciones hacia zonas periféricas, etcétera.

En ocasiones, junto con los resultados de la clasificación tipológica, como la explicada con anterioridad, se hace necesario la regionalización del objeto de estudio, con vistas a precisar sus rasgos individuales y corroborar mutuamente lo común y lo individual. En el plano morfoestructural y morfotectónico existen ejemplos en los estudios del territorio oriental cubano (Hernández Santana *et al.*, 1986, 1991).

En el caso concreto de ambas clasificaciones (tipológica y regional), para macromorfoestructuras montañosas de ese territorio, surge un nuevo nivel de clasificación, –los modelos tridimensionales y bidimensionales de relaciones interbloques–; ambos estilos forman una nueva categoría neotectónica para la determinación de mosfoestructuras montañosas, como se analizará a continuación.

Modelos bidimensionales y tridimensionales de interrelaciones morfotectónicas

La evolución geológica del archipiélago cubano revela una migración del vulcanismo y el magmatismo de W a E, en el meso-cenozoico temprano, igual que el incremento de la actividad neotectónica, de la sismicidad y de la endodinámica secular reciente, lo cual ha originado grandes contrastes geomorfológicos en su extremo oriental, actual zona de interacción interplacas Caribe-América del Norte, a lo largo de cuyo eje tectogénico, ocupado por la fosa de Barlett, se desarrollan desplazamientos horizontales con componente de izquierda y elementos de subcorrimento.

Durante la etapa neotectónica del desarrollo del relieve cesaron los movimientos convergentes de compresión, existiendo un régimen de distensión con tectónica de bloques de horst y graben, en el fondo de movimientos horizontales débiles. La diferenciación energética de los movimientos neotectónicos determinó el escalonamiento morfoestructural del relieve, lo cual se refleja en los desplazamientos verticales y deformaciones tectónicas de los niveles geomorfológicos. En tales condiciones insulares los pisos geomorfológicos generales se clasifican en montañas medias (1 500 - 2 000 m), montañas bajas (1 000 - 1 500 m), montañas pequeñas (500 - 1 000 m), premontañas (300 - 500 m), alturas grandes (200 - 300 m), alturas medias (120 - 200 m), alturas pequeñas (menores de 120 m), llanuras altas (80 - 120 m, aunque en algunas regiones alcanzan 240 - 280 m), llanuras medias (20 - 80 m) y llanuras bajas (menores de 20 m).

Las investigaciones morfotectónicas en el territorio de Cuba Oriental no solo reflejaron las grandes unidades estructuro-geológicas corticales expresadas en las características morfogenéticas de su relieve, sino, además, permitieron revelar la correspondencia entre éstas y los diseños o modelos bidimensionales y tridimensionales de neoformaciones morfoestructurales. Para el relieve oriental cubano, dividido en tres macrobloques (dos montañosos y uno de llanuras), integrados por un total de 23 mesobloques morfoestructurales (Hernández Santana *et al.*, 1991), es objetiva la existencia de estilos geotectónicos de interrelaciones tridimensionales interbloques, originados por las diferencias energéticas de los campos de fuerzas de la tectonosfera durante la etapa neotectónica, lo cual introduce una nueva categoría clasificativa en el marco de la tipología morfoestructural contemporánea.

El territorio de Cuba Oriental está ocupado por tres grandes macromorfoestructuras sublatitudinales (**Figura 1**):

a) montañoso suroriental (Sierra Maestra, arco insular paleógeno);

b) montañoso nororiental (sierras de Nipe, Cristal, Sagua-Baracoa y Purial, consolidado por elementos geotectónicos heterogéneos: arco insular cretácico, relictos de corteza oceánica (complejo ofiolítico) y de macizos metamórficos meridionales;

c) depresiones graben superpuestas (Central y Guantánamo, cobertura neoautóctona).

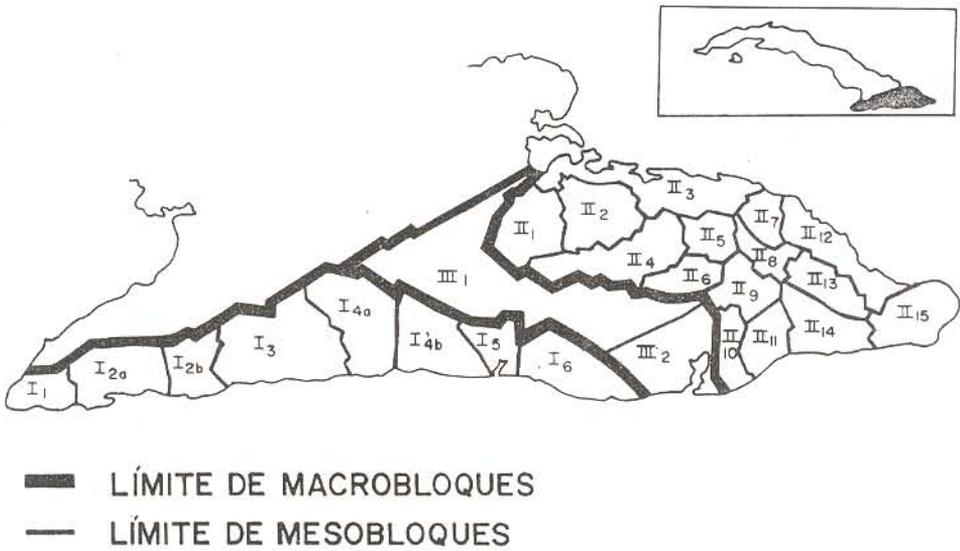


Figura 1. Diferenciación morfotectónica de Cuba Oriental (Hernández Santana *et al.*, 1991).

Macrobloques:

I. Montañoso suroriental (Sierra Maestra).

II. Montañoso nororiental (Nipe-Cristal-Baracoa-Purial).

III. Depresiones graben superpuestas (depresión central-Guantánamo).

Mesobloques:

I. Meseta de Cabo Cruz, **I2** Sierra Maestra Occidental, **I3** Sierra Maestra Central, **I4** Sierra Maestra Oriental, **I5** Zona superpuesta de la meseta de Boniato-depresión de Santiago de Cuba, **I6** Macizo de la Gran Piedra; **II1** Sierra de Nipe, **II2** Sierra del Cristal, **II3** Alturas y llanuras septentrionales de Mayarí-Sagua de Tánamo, **II4** Premontañas bajas de San Nicolás-Mico-San Fernando, **II5** Cuchillas de Toa, **II6** Meseta de Guaso, **II7** Meseta Alto de la Galinga, **II8** Cuchillas de Toa, **II9** Mesetas de Monte Verde-Caridad de los Indios, **II10** Sierra del Maquey, **II11** Sierra de Mariana, **II12** Montañas bajas de Baracoa, **II13** Cuchillas de Baracoa, **II14** Sierra del Purial, **II15** Meseta de Maisí; **III1** Depresión Central, **III2** Guantánamo.

Dentro del primer macrobloque, el más geoactivo en la etapa neotectónica del desarrollo geomorfológico, que ocupa el borde meridional emergido de la denominada microplaca cubana (geotectura de transición marginal de la placa continental de América del Norte) en interacción con la placa oceánica Caribe, se destacan por mesounidades morfotectónicas los modelos tridimensionales de vínculos interbloques siguientes.

- Sistema basculado de bloques escalonados (**Figura 2 F**), ocupado por la meseta de Cabo Cruz, compuesta por bloques escalonados de dirección NE, controlados por el sistema disyuntivo neotectónico temprano y basculados hacia el N-NW. En el contexto de esta comunidad de bloques escalonados sobresale la meseta estratificada premontañosa del Alto de la Conveniencia (355 m).
- Sistema alterno asimétrico de bloques de horst y graben, con escalonamiento asimétrico transicional-transversal (**Figura 2 G**), representado por la Sierra Maestra Occidental, y ocupado por bloques premontañosos horst-monoclinales en cadenas longitudinales, pseudopericlinales (260 - 500 m) y montañas pequeñas (500 - 800 m) con idéntico carácter morfoestructural. Hacia el E el diseño transita a bloques de montañas bajas, de horst, sobre basamento intrusivo-plegado, con un notable carácter masivo, entre los que sobresalen la Sierra de Mota (600 y 800 m) y la Sierra de Caracas (1 200 - 1 290 m).
- Sistema escalonado asimétrico de bloques basculados (**Figura 2 B**), representado por el mesobloque morfotectónico con mayor amplitud de los movimientos neotectónicos y el más elevado en el territorio cubano (1 300 - 2 000 m). Los bloques de menor jerarquía están escalonados siguiendo la asimetría general del macrobloque montañoso y basculados también hacia el NW. Entre los principales tipos morfoestructurales sobresalen las montañas medias de horst, masivas, predominantemente sobre cuerpos intrusivos (1 200 - 2 000 m); las montañas bajas de horst, sobre basamento intrusivo-plegado (800 - 1 200 m); las montañas pequeñas, horst-monoclinales (500 - 800 m) y las premontañas bloque-monoclinales periféricas (260 - 500 m).

- Sistema escalonado irregular de bloques basculados (**Figura 2 H**), ocupado por la Sierra Maestra Oriental. Esta extensa unidad morfotectónica está dividida en dos grandes bloques por la zona de alineamientos morfoestructurales Río Seco-Río Contramaestre (**Figura 1**). El occidental posee unidades morfotectónicas escalonadas en sentido submeridional en la región axial del sistema montañoso, y en dirección NW en su región premontañosa septentrional. Al E de la zona del referido alineamiento, los bloques están inclinados hacia el NE y sus límites están determinados por los sistemas disyuntivos orogénicos (NW) y neotectónico temprano (NE). En este sistema tridimensional se desarrollan montañas bajas de horst, en basamento plegado (800 - 1 200 m); montañas pequeñas, de horst en plegamientos (500 - 800 m); premontañas bloque-monoclinales, en cadenas (240 - 500 m); y por su bajo grado de transformación morfoescultural se extienden montañas pequeñas (500 - 800 m) y premontañas (240 - 500 m) bloque-monoclinales, con un fuerte carácter estructuro-denudativo.
- Sistema alterno de bloques de horst y graben, con intensa fracturación interna (**Figura 2 P**), ocupado por la zona superpuesta Boniato-Santiago de Cuba, diferenciada por la meseta horst-monoclinial, estratificada y basculada de Boniato (300 - 500 m); y la depresión graben de Santiago de Cuba, de carácter complejo e integrado por una red densificada de premontañas horst-monoclinales en cadenas paralelas (200 - 300 m), alternadas por valles de graben de menor rango, en su sector centro-septentrional, y por la meseta estratificada de Santiago de Cuba al sur.

La primera unidad morfoestructural constituye un elemento geotectónico y geomorfológico de enlace entre la Sierra Maestra Oriental y el macizo montañoso de la Gran Piedra. En el proceso de ascenso la meseta experimentó una inclinación hacia el N y posteriormente algunos de sus bloques internos se desplazaron hacia el NE.

- Sistema alterno asimétrico de bloques de horst y graben (**Figura 2 C**), representado por el macizo montañoso de la Gran Piedra, como mesobloque más oriental del macrobloque de la Sierra Maestra. Su borde meridional se caracteriza por una comunidad de bloques escalonados, formados por un macizo de montañas bajas, basculado, sobre basamento intrusivo-plegado (800 - 1 200 m); por montañas pequeñas, de bloque, en cadenas sobre basamento plegado (500 - 800 m); y por premontañas de bloques, escalonadas, en cadenas, sobre basamento intrusivo-plegado. En su plano septentrional, el sistema está ocupado por montañas pequeñas horst-monoclinales (500 - 800 m) y una meseta montañosa baja, de horst, masiva (560 - 620 m), separadas por valles de graben y de fallas asimétricas de carácter longitudinal.

El macrobloque montañoso nororiental, formado por la consolidación de unidades geotectónicas heterogéneas está integrado por 15 mesounidades morfotectónicas, las cuales se destacan por la diversidad de sus modelos tridimensionales. A continuación se presentan detalles de sus características morfoestructurales.

- Sistema isométrico de bóveda-bloque (**Figura 2 A**), extendido en las sierras de Nipe y del Cristal. Esta comunidad de bloques en bóveda está desarrollada sobre los relictos de corteza oceánica (complejo ofiolítico) del norte de Cuba, presentando montañas medias (más de 1 200 m) en el caso del bloque del Pico Cristal, montañas bajas (800 - 1 160 m), montañas pequeñas (500 - 800 m) y premontañas (360 - 500 m) de bloque en manto de sobrecorrimiento, masivas, fundamentalmente en su parte centro-septentrional. Hacia el sur, en la zona de colisión con el arco volcánico insular cretácico, esta comunidad está bordeada por premontañas de bloque en plegamientos y monoclinales, con cumbres blindadas aisladas (320 - 500 m); de bloque en plegamientos y monoclinales (320 - 400 m) y de bloque en complejos caóticos y plegamientos (380 - 560 m).

- Sistema isométrico de bloques escalonados (**Figura 2 D**) con inclusión de fragmentos de la cobertura neoa autóctona de la paleocuenca miocénica extendida al norte de Guantánamo. Esta comunidad de bloques se corresponde con el mesobloque de la meseta del Guaso. Presenta un sistema escalonado de bloques de W a E (620 - 690, 740 - 780, 820 - 850 y 860 - 900 m) y su extremo NE, de articulación con el mesobloque de Cuchillas de Moa, se caracteriza por una fuerte fracturación en bloques realmente pequeños, también con una estructura escalonada pero decreciente (860 - 900, 800 - 820, 760 - 780 y 700 - 720 m). Desde el punto de vista morfoestructural, está integrado por montañas bajas de bloque en anticlinal (800 - 900 m) y una meseta montañosa de bloques en anticlinal (600 - 780 m).
- Sistema lineal de bloques (**Figura 2 I**), representado por la Sierra del Purial, constituida sobre la unidad geotectónica de macizos metamórficos meridionales. En esta comunidad de bloques predominan las montañas bajas (1 000 - 1160 m) de bloque en plegamiento complejo y las montañas pequeñas de bloque en manto de sobrecojamiento, masivas (680 - 760 m).
- Sistema lineal de horst en bóveda (**Figura 2 J**), manifiesto en la meseta Alto de la Galinga, de estructura masiva, con montañas bajas de horst con klippens de estructura masiva y en plegamiento complejo (920 - 1 160 m) y con montañas pequeñas masivas (580 - 790 m) en la periferia septentrional.
- Sistema isométrico monolítico (**Figura 2 L**), representado por el mesobloque Cuchillas de Moa, el cual posee una estructura masiva, compuesta por un gran bloque subaltitudinal de montañas bajas de bloque en manto de sobrecojamiento (700 - 880 m) y un pequeño escalonamiento de montañas bajas de bloque, en plegamientos (700 - 820 m) y blindadas (640 - 700 m).

- Sistema lineal de horst en bóveda, basculado (**Figura 2 E**), expresado en el mesobloque de la Sierra de Mariana, a través de las montañas pequeñas de horst-monoclinales, en forma de mesa, basculadas y blindadas (640 - 750 m); y de las premontañas de horst en plegamiento complejo (320 - 450 m) y de horst en monoclinales, en cadenas blindadas.
- Sistema irregular de horst escalonado (**Figura 2 M**), manifestado en la mesounidad morfotectónica Montañas bajas de Baracoa, con una configuración longitudinal estrecha de dirección NW, compuesta por montañas pequeñas de horst en manto de subcorrimiento, masivas (500 - 720 m) y por premontañas (320 - 500 m), también con idéntica estructura.
- Sistema lineal de horst escalonado (**Figura 2 N**), desarrollado en el relieve del mesobloque Premontañas bajas de San Nicolás-Mico San Fernando, formado por una comunidad escalonada de montañas y plegamientos (500 - 680 m), así como por montañas de horst en plegamientos (340 - 440 m).
- Sistema lineal de horst escalonado, basculado y rotado por el rumbo (**Figura 2 Ñ**), correspondiente al mesobloque Meseta de Maisí, que ocupa el extremo oriental del territorio y posee una clara diferenciación morfotectónica, determinada por el sistema de fracturamiento neotectónico temprano, de dirección NE, originado por el desplazamiento lateral izquierdo interplacas Caribe-América del Norte. El plano morfoestructural de esta comunidad tridimensional de bloques está formado por montañas pequeñas de horst, en manto de sobrecorrimiento, masivas (560 - 640 m); mesas montañosas en plegamiento isoclinal, basculadas en bloques (560 - 640 m); montañas pequeñas de horst en plegamiento complejo (520 - 620 m); premontañas de horst en plegamiento complejo (320 - 480 m); premontañas de horst en estructura irregular de melange (440 - 500 m); premontañas de horst en manto de sobrecorrimiento, masivas (420 - 480 m); premontañas de horst en monoclinales, en

cadenas escalonadas, blindadas (400 - 520 m), y meseta premontañosa pseudopericlinal, basculada en bloques y blindada (160 - 360 m).

- Sistema isométrico de bloques irregulares (**Figura 2 O**), correspondiente a la región oriental del mesobloque Premontañas bajas de San Nicolás-Mico San Fernando. Posee una configuración anular y está integrada por montañas pequeñas de bloque en plegamiento (510 - 620 m), y premontañas de bloque en plegamiento y monoclinales, con cumbres blindadas (380 - 560 m), y en plegamiento y masivas (360 - 450 m).
- Sistema alterno de horst simétricos y graben asimétricos (**Figura 2 Q**), ajustado a la Sierra del Maquey, el cual bordea por el E el macrobloque de las depresiones graben superpuestas (**Figura 1**). Posee una configuración estrecha y alargada submeridionalmente y la comunidad morfotectónica de bloques presenta una ligera alternancia, originada por la diferenciación neotectónica de su desarrollo. La morfoestructura de las zonas de horst elevadas está representada por premontañas en estructuras ligeramente plegadas (320 - 420 m).
- Sistema irregular de bloques (**Figura 2 K**), situado en los mesobloques morfotectónicos de Meseta Monte Verde-Caridad de los Indios y Cuchillas de Toa. El primero se caracteriza por montañas pequeñas de bloque en estructuras ligeramente plegadas, blindadas en forma de mesa (520 - 820 m) y premontañas de bloques en plegamiento, blindadas (300 - 320 m) y de bloque en mantos de sobrecorrimiento masivas. En cuanto al segundo mesobloque, se destacan las montañas bajas (800 - 1 000 m) y las pequeñas (620 - 770 m) de bloque en mantos de sobrecorrimiento, masivas.

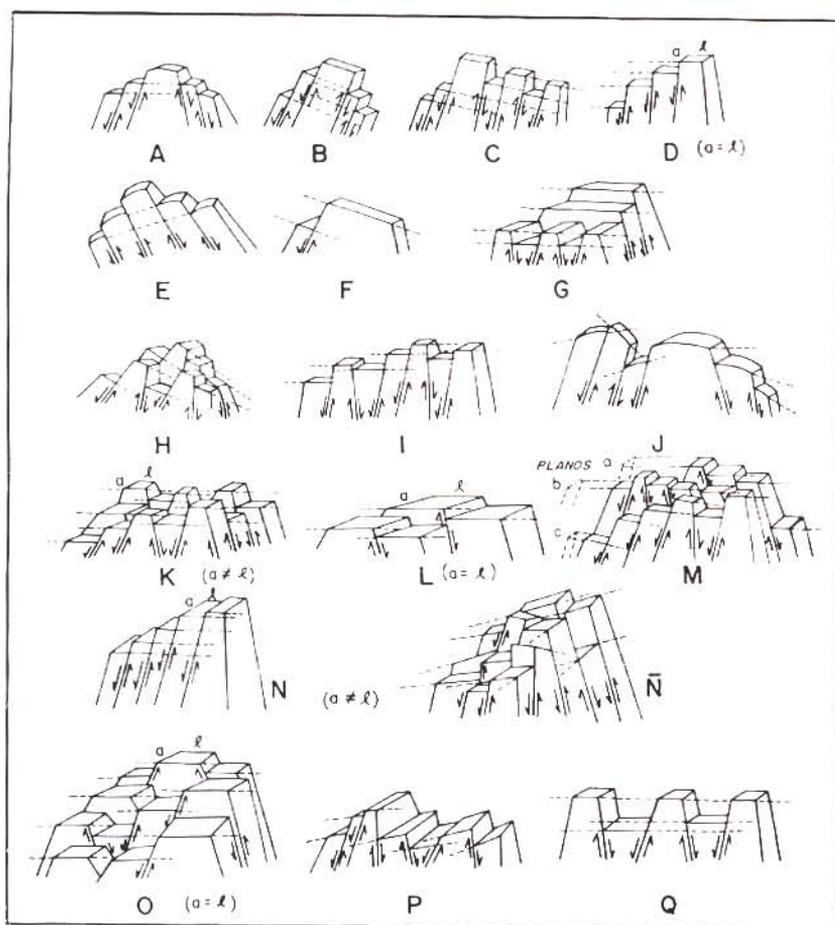


Figura 2. Estilos geotectónicos de relaciones tridimensionales interbloques de Cuba Oriental: sistema isométrico de bóveda-bloque (A); sistema escalonado asimétrico de bloques basculados (B); sistema alterno asimétrico de bloques horst-graben (C); sistema isométrico de bloques escalonados (D); sistema lineal de horst en bóveda basculado (E); sistema basculado de bloques escalonados (F); sistema alterno asimétrico de bloques horst-graben, con escalonamiento asimétrico transicional-transversal (G); sistema escalonado irregular de bloques basculados (H); sistema lineal de bloques (I); sistema lineal de horst en bóveda (J); sistema irregular de bloques (K); sistema isométrico monolítico (L); sistema irregular de horst escalonados (M); sistema lineal de horst escalonados (N); sistema lineal de horst escalonados, basculados y rotados por el rumbo (Ñ); sistema isométrico de bloques irregulares (O); sistema alterno de bloques de horst y graben con intensa fracturación interna (P), y sistema alterno de horst simétricos y graben asimétricos (Q).

Con esta detallada caracterización de las morfoestructuras que componen cada uno de los modelos tridimensionales de interrelaciones morfotectónicas se demuestra el gran significado que posee esta nueva categoría neotectónica de clasificación tipológica estructural del relieve. Además su estrecha correspondencia en el territorio de Cuba Oriental con la regionalización morfotectónica (Hernández *et al.*, 1991) contribuye al fortalecimiento de los vínculos entre los enfoques tipológico y regional en la ciencia geomorfológica y, a su vez, a la corroboración de la objetividad alcanzada en ambos, abordados y desarrollados independientemente en tan compleja geotectura de transición marginal interplacas, consolidada bajo la acción de mecanismos geotectónicos diferenciados en sus etapas de desarrollo paleoestructural (pre-eoceno superior) y neoestructural (oligoceno-cuaternario).

A la luz de las investigaciones conjuntas mexicano-cubanas en el proyecto "Genésis, evolución y dinámica de geocatástrofes en regiones geográficas de alta energía: el trópico interplacas americano" (1992-1995), se mostrarán algunos modelos tridimensionales de interrelación morfotectónica con clara expresión en el relieve mexicano y que constituyen la base para la generalización de este nuevo enfoque como nivel jerárquico intermedio de la clasificación morfoestructural.

Los estudios realizados por múltiples especialistas de las geociencias han evidenciado la posibilidad de un proceso de expansión continental en la región occidental del Cinturón Neovolcánico mexicano. Recientemente, los trabajos publicados por J. Nieto-Obregón *et al.* (1992) corroboran los planteamientos de C. Johnson (1987) con relación a la expansión de la depresión tectónica de Ameca, localizada entre el bloque Jalisco y una pequeña porción limitada por la depresión Tepic-Chapala. La joven actividad volcánica (pleistocénica o más joven), la existencia de severas manifestaciones hidrotermales, la intercalación de conglomerados provenientes de la Sierra El Guamúchil con las secuencias volcánicas y las características morfológicas de la falla del Río Ameca evidencian los componentes del movimiento (**Figura 3 A**), las cuales responden morfoestructuralmente a zonas riftogenéticas.

Más hacia el E, también en el Sistema Neovolcánico, Ortiz Pérez *et al.* (inédito) reconocen, mediante la zonificación y clasificación morfotectónica, el desarrollo de una estructura volcánica de tipo compuesta, sujeta a los movimientos horizontales activos en el graben de Acambay. Estos autores revelan el carácter de izquierda de la transurrencia, desechando la hipótesis de una caldera de colapso en el complejo volcánico de Temascalcingo, por el desarrollo de un graben del tipo *pull apart*, el cual ha formado en el relieve un típico modelo tridimensional de estructura de flor (**Figura 3 B**).

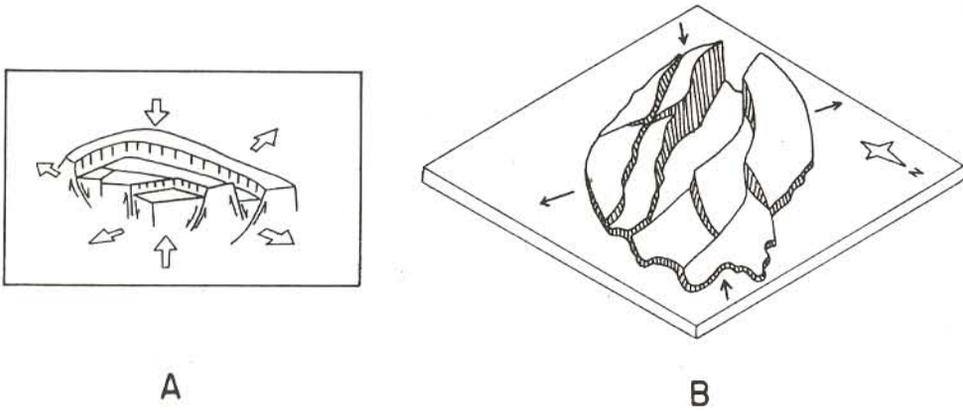


Figura 3. Modelos tridimensionales de algunos mecanismos geotectónicos expresados en el relieve mexicano: expansión continental en el campo volcánico de Amatlán de Cañas (Nieto-Obregón *et al.*, 1992) (A); y estructura de flor en el complejo volcánico de Temascalcingo, graben de Acambay (Ortiz, *et al.*, en prensa) (B).

Durante el análisis morfotectónico preliminar de la Sierra Madre del Sur, como geotectura de transición marginal interplacas Cocos-América del Norte, se detectó en la junta triple de estas dos últimas con la placa Caribe, a través del sistema transformante de izquierda Polochic-Motagua, la existencia y desarrollo de un modelo tridimensional trenzado de "cola de caballo" en Sierra Atravesada-Istmo de Tehuantepec, como resultado de una transpresión neotectónica a lo largo de la dorsal de igual nombre, a partir de la cual existen diferencias del movimiento subductivo, tanto en velocidad como en dirección (**Figura 4**).

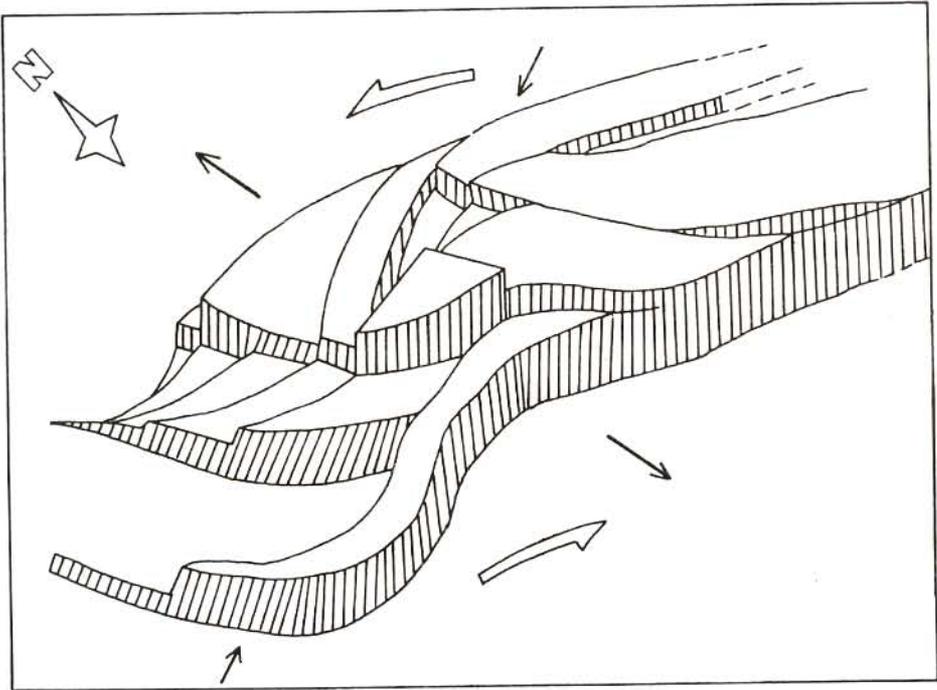


Figura 4. Modelo morfo-tectónico tridimensional trenzado de transpresión regional de la junta triple de interacción interplacas Cocos-América del Norte-Caribe, en Sierra Atravesada-Istmo de Tehuantepec.

En forma paralela y en interacción con el desarrollo de los modelos tridimensionales de interrelación morfotectónica se tienen en consideración los diseños bidimensionales como expresión geométrica superficial de las principales componentes disyuntivas, con manifestación geomorfológica. En las **figuras 5** y **6** se presentan algunos de los tipos vinculados a modelos espaciales, ya descritos en este trabajo.

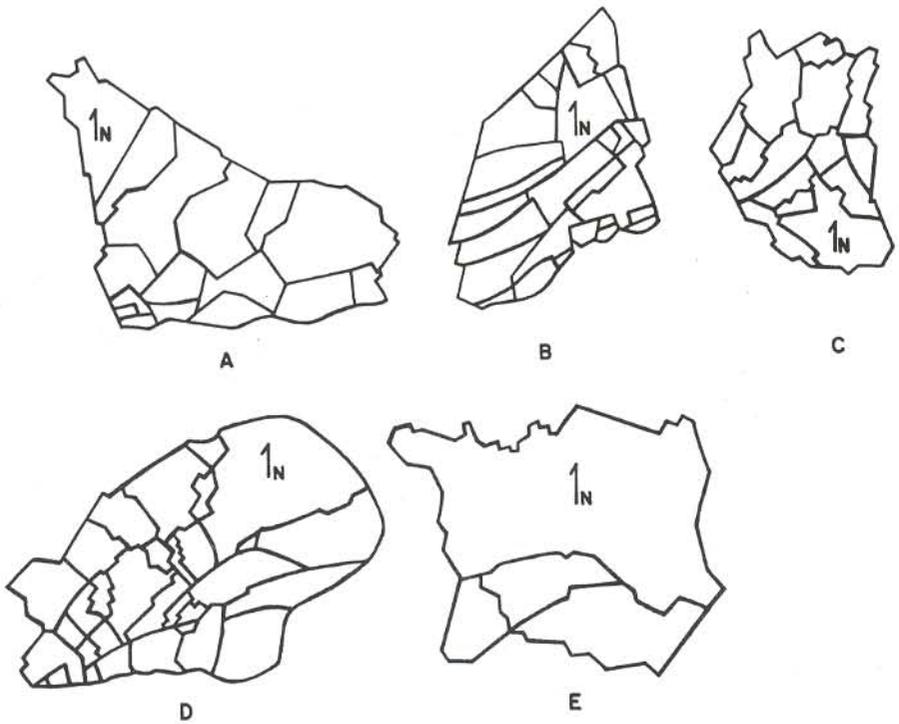


Figura 5. Diseños bidimensionales de algunas mesounidades morfotectónicas de Cuba Oriental: Lineal paralelo submeridional (A), lineal paralelo sublatitudinal (B), anular cruzado (C), paralelo divergente (D) y monolítico (E).

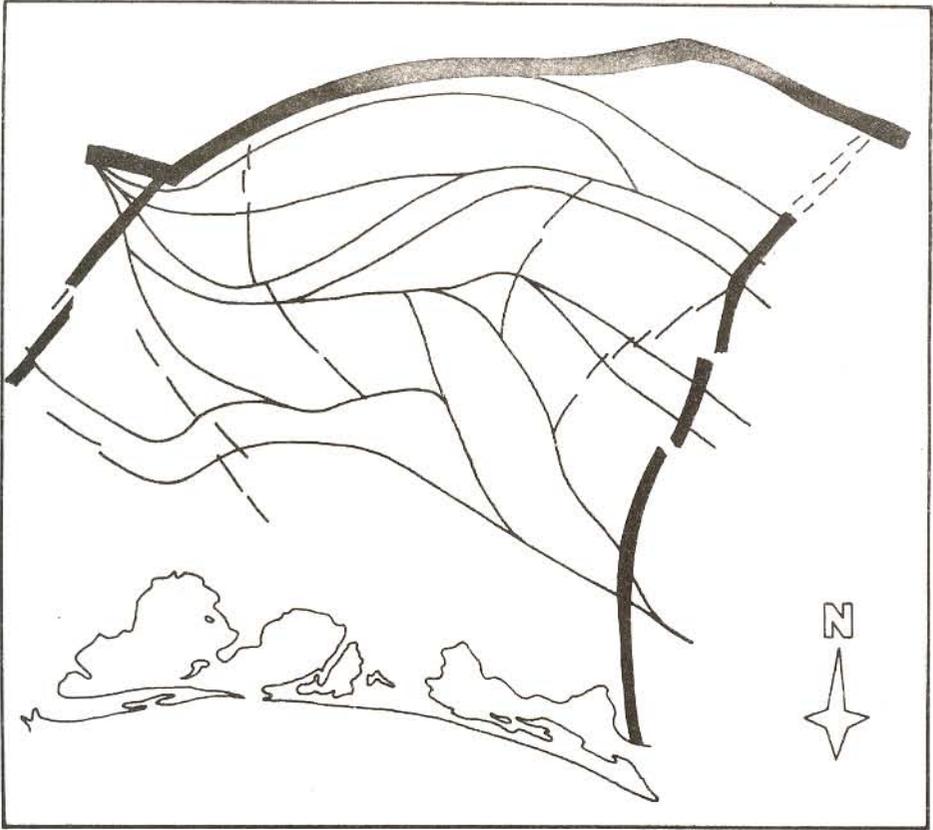


Figura 6. Bidimensionalidad trenzada de la Sierra Atravesada-Zona transpresiva del Istmo de Tehuantepec.

Conclusiones

Partiendo del principio genético de la formación del relieve, considerando a éste como el resultado de la interacción de las fuerzas endógenas y exógenas, es decir, del régimen de los movimientos tectónicos recientes seculares e instantáneos y de las variaciones climáticas de los procesos exógenos modeladores de la superficie terrestre, se corrobora la vigencia de los principios básicos de la clasificación morfoestructural del relieve: tipo de geotectura, piso estructural, unidad morfotectónica o geotectónica, categoría del relieve, amplitud e intensidad de los movimientos neotectónicos, mecanismo de formación, grado de reelaboración morfoestructural, piso altitudinal (subcategoría del relieve), carácter morfoestructural específico y complejo de formas estructurales.

Las bases de la regionalización morfotectónica, considerando desde el punto de vista regional jerárquico e histórico-genético la diferenciación espacial del geosistema litosférico, nos ofrece bajo un enfoque neomovilista los rasgos, dimensiones y subdivisiones del plano estructuro-geológico expresado en el relieve, tanto a nivel planetario como regional y local.

Las regularidades y particularidades geotectónicas de los modelos tridimensionales y bidimensionales de interrelaciones morfotectónicas reflejan las componentes de los campos compresivos y distensionales de la tectonosfera, y su significado en los desplazamientos horizontales y verticales de la corteza terrestre, determinantes en la formación estructural del relieve. En este sentido, resulta de gran valor su inclusión en el sistema clasificativo jerárquico de las morfoestructuras, entre los niveles de la amplitud e intensidad de los movimientos neotectónicos y el mecanismo de formación.

En las condiciones de transición marginal interplacas del territorio oriental cubano se manifiesta un concepto común entre los enfoques tipológicos y regionales de clasificación estructural del relieve, precisamente coincidente en la singularidad que imprime la existencia de los diseños tridimensionales a cada mesobloque morfotectónico en el plano regional, y en la comunidad de morfoestructuras afines, por su origen y evolución, en el tipológico.

Este aspecto merece una adecuada continuación metodológica, tanto en Cuba como en territorios continentales. El relieve mexicano de la zona de sutura de transición marginal interplacas Cocos-América del Norte constituye un marco regional muy apropiado.

Aunque en algunos casos, estudiados de forma aislada, se aprecia el carácter distintivo de los modelos tridimensionales de interrelación morfotectónica, así como su proyección bidimensional en su expresión geomorfológica en regiones con mecanismos geotectónicos disímiles, tales como la riftogénesis continental (campo volcánico de Amatlán de Cañas), la transurrencia con la formación de cuencas de tipo *pull part* (complejo volcánico de Temascalcingo), y la transpresión regional interplacas en el nudo estructural de Sierra Atravesada-Istmo de Tehuantepec. Por tanto, difiere en arreglo, en disposición, en la expresión y comportamiento; características que indican otro estilo estructural de bloques limitados por fallas laterales de traza sinuosa y arqueada. Por tal motivo, ameritan ubicarse en una nueva clase que debe ser analizada con mayores observaciones.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración de José Manuel Figueroa Mah-eng y de Jorge González en la versión final del trabajo.

Referencias

- Díaz Díaz, J. L. (1986), *Morfoestructuras de Cuba Occidental y su dinámica reciente* (en ruso), Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de Rusia, Moscú, 232 pp.
- Guerasimov, I. P. (1946), Experiencia de la interpretación geomorfológica del esquema general de la estructura geológica de la URSS (en ruso), *Revista Probl. Geog. Fls.*, 12, pp. 33-46.
- Guerasimov, I. P. (1959), *Rasgos estructurales del relieve de la superficie terrestre del territorio de la URSS y sus orígenes* (en ruso), Ed. Akademia Nauk SSSR, Moscú, 100 pp.
- Guerasimov, I. P. (1986), *Problemas de geomorfología global: geomorfología actual y teoría del moviilismo 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, *Rev. Ciencias Tierra y Espacio*, 12, pp. 36-48.
- Hernández Santana, J. R. (1987), *Geomorfología estructural y geodinámica reciente del relieve de Cuba Sudoriental, en la zona de interacción de la microplaca Cubana y la fosa profunda de Barlett* (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 morfotectónica de Cuba Oriental, en *Morfotectónica de Cuba Oriental*, Ed. Academia, La Habana, 43 pp.
- Johnson, C. A. (1987), *A Study of Neotectonics in Central Mexico from Landsat Thematic Mapper Imagery*, University of Miami, 112 pp.
- Magaz García, A. R. y J. L. Díaz Díaz (1986), "Las morfoestructuras de la región centro-oriental de Cuba", en *Los principios básicos de la clasificación morfoestructural del relieve cubano*, Ed. Academia, La Habana, pp. 13-60.
- Nieto Obregón, J., J. Urrutia Fucugauchi, E. Cabral Cano y A. Guzmán de la Campa (1992), Listric faulting and continental rifting in western Mexico. A paleomagnetic and structural study, *Tectonophysics*, 208, pp. 365-376.
- Ortiz Pérez, M. A., J. J. Zamorano, J. R. Hernández Santana y J. L. Palacio Prieto, Evidencias geomorfológicas de deformación transcurrente en el complejo volcánico de Temascalcingo, México (inédito).
- Portela Peraza, A. H. (1990), Morfoestructura insular y morfoescultura tropical de Cuba Central mediante el empleo de la teledetección (en ruso), Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de Rusia, Moscú, 184 pp.